

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HABIS/BELI	
TGL. TERIMA :	27/02/06
NO. JUDUL :	001770
NO. INV. :	5120001770001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

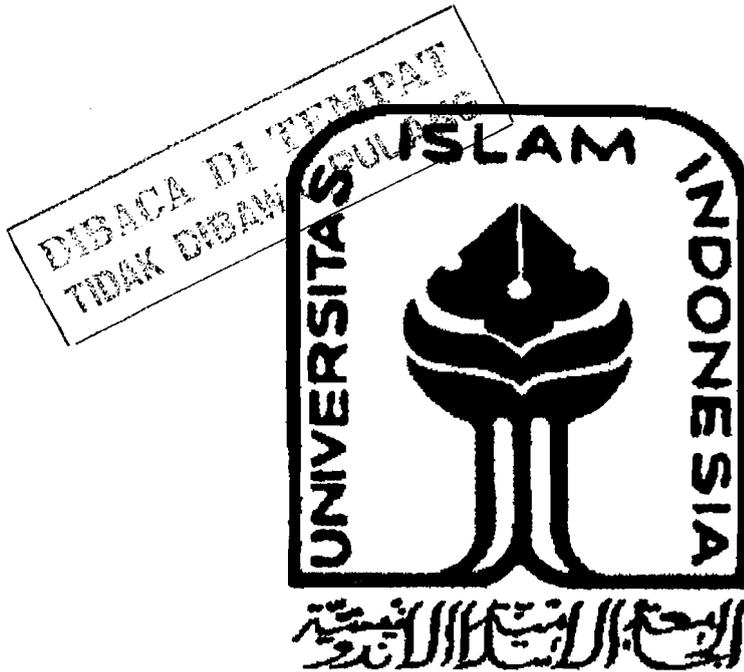
PUSAT MODIFIKASI SEPEDA MOTOR DAN JUAL-BELI DI JOGJAKARTA

"TRADE AND MODIFICATION CENTER OF MOTORCYCLE IN JOGJAKARTA"

R
711.5322
Har
P
A

*Transformasi Komponen Sepeda Motor Sebagai Pembentuk
Citra Bangunan*

"MOTORCYCLE COMPONENT TRANSFORMATION AS A BUILDING IMAGE"



vi, 49. bid : bang 28

Disusun oleh

BUDI HARSONO
99 512 056

- peran
- Kait kumera
- pusat jual beli
- modif motor

**JURUSAN ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2005**

PENGESAHAN PERANCANGAN TUGAS AKHIR

**PUSAT MODIFIKASI DAN JUAL BELI SEPEDA MOTOR
DI JOGJAKARTA**

*Transformasi Kompenen Sepeda Motor
Sebagai Pembentuk Citra Bangunan*

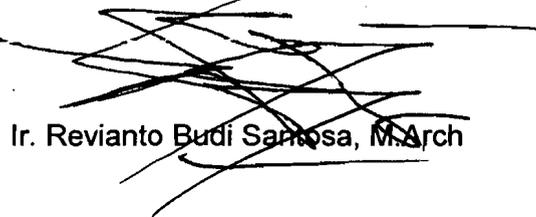
Disusun Oleh :
Budi Harsono
99 512 056

Dibawah bimbingan :



Ir. Endy Marlina ,MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia



Ir. Revianto Budi Santosa, M.Arch

**ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
DESEMBER 2005**

ABSTRAK

PUSAT MODIFIKASI SEPEDA MOTOR DAN JUAL BELI DI JOGJAKARTA

Transformasi Komponen Sepeda Motor Sebagai Pembentuk Citra Bangunan

perkembangan zaman tidak terlepas dari kebutuhan mobilitas yang sangat tinggi. Fenomena tersebut maka mengakibatkan meningkatnya produksi alat transportasi, diantaranya sepeda motor yang lebih di khususkan di kota Jogjakarta. Peningkatan jumlah kendaraan yang pesat menimbulkan berbagai macam klub-klub sepeda motor yang ada di jogjakarta.

Munculnya klub-klub tersebut mendorong munculnya berbagai bengkel modifikasi yang tersebar di jogjakarta pada , sepeda motor modifikasi bukan saja sebagai alat transportasi belaka melainkan sebagai interperetasi seseorang sebagai bagian dari "*dirinya*". Dengan demikian kebutuhan akan fasilitas yang dapat mewadahi semua para "biker" dapat tersalurkan.

Ada beberapa kendala yang di hadapi oleh para modifikator. Antara lain dalam memodifikasi kendaraan, para *modikator* tidak tersalurkan secara utuh di satu tempat bengkel modifikasi. Serta fenomena yang terjadi pada masyarakat akibat dari para modifikator terutama modifikasi mesin menggunakan bahu jalan sebagai ajang uji coba kendaraannya sehingga jalan menjadi tidak aman.

Pusat Modifikasi Sepeda Motor di harapkan menjadi bagian dari sebuah wacana di atas. Dengan konsep *Trasformasi Komponen Sepeda Motor Sebagai pembentuk Citra Bangunan* . Dengan penekanan citra bangunan yang dapat mengimplementasikan diri sebagai bangunan yang dapat memberikan kesan sebuah bangunan yang berkarakter sepeda motor modifikasi "*banget*" secara utuh.

Adapun desain rancangan dengan fasilitas yang mendukung nilai kreatifitas, sebagai penyalur hobi, bakat, serta nilai peng-ekspresi-an diri para modifikator secara utuh pada satu tempat yang dinamakan pusat modifikasi dan jual beli sepeda motor di jogjakarta.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanir Rahim

Assalam'ualaikum Wr.Wb

Puji dan syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmat dan hidayah-Nya serta swalat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, ulama, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Berkat rahmat Allah SWT pula sehingga pada saat ini penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Pusat Modifikasi Dan Jual-Beli Sepeda Motor Di Jogjakarta* hingga tersusun laporan ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bimbingan, pengarahan, kritik, dan saran yang membangun, bantuan dan dorongan baik moril maupun materiil secara terus menerus.

Untuk itu dengan segala hormat penulis pada kesempatan yang baik ini ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas hidayah dan barokah yang diberikan-Nya
2. Ir. Revianto Budi Sertosa, M. Arch, selaku Ketua Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Endy Marlina, MT, dosen pembimbing yang telah banyak memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta kesabaran selama masa penulisan dan perancangan dan perancangan tugas akhir ini.
4. Ir. Munich B Eddres, M. Arch, selaku dosen penguji untuk kritik dan saran yang banyak memberi masukan dan mengungkapkan kelemahan-kelemahan sekaligus solusinya pada perancangan tugas akhir saya.
5. Mimi dan Mama tercinta dan tersayang, yang telah memberikan kesabaran dalam membimbing saya untuk selalu tegar dalam segala keadaan apapun, serta doanya yang memberikan kekuatan jiwa kepada saya.
6. Kakaku *yayu* Anah beserta keluarga terutama keponakan saya Fiqri.
7. Adik-adikku Ratna dan keluarga, andra, dewi, rani,
8. Mie' yang telah banyak memberikan dorongan kasih sayang, moril dan materi yang terlalu banyak bagi saya. Semoga harapan indah akan terwujud.
9. Mas Min beserta keluarganya selaku bapak kos yang baik hati.

10. Teman-teman banteng Bhozek ,Jee' (thank's rumahnya di bikin ancur pas bikin maket), Amat, Olid, Yudha (thank's konsultasinya) A2rch, Irpan, Luput, Heyu Imoet's, Pano (thank's printernya).terimakasih buat semuanya.

11. Arsitek 99 yang telah membatu,serta bayus,Judd, jimmy, topik, dito, temen studio, dan lainnya yang tidak di sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih ada kekurangan, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat di harapkan oleh penulis dan semoga laporan ini berguna dan bermanfaat bagi kita semuanya.

Wasalam'ualaikum WR.WB

Yogyakarta, 2 Febuari 2005

Penulis

BUDI HARSONO

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAKSI	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GRAFIK	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Batasan dan Pengertian Judul	
- Pengertian judul	1
1.2 Latar Belakang Proyek	1
1.2.1 Latar Belakang Perkembangan Sepeda Motor.....	1
1.2.2 Latar Belakang	
Permasalahan.....	3
1.3 Permasalahan.....	4
1.3.1 Permasalahan Umum.....	4
1.3.2 Permasalahan Khusus.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.4.1 Tujuan Umum.....	4
1.4.2 Tujuan Khusus.....	5
1.5 Sasaran.....	5
1.6 Keaslian Penulisan.....	5
1.7 Studi Literatur.....	5

BAB II ANALISA

II.1 Spesifikasi Proyek.....	13
II.1.1 Fungsi Bangunan.....	13
II.2 Pelaku Kegiatan	13
II.2.1 Kegiatan dalam Bangunan.....	13
II.3 Program	
Ruang.....	15

II.4 Daya	
Tampung.....	16
II.5 Kebutuhan Ruang.....	18
II.6 Jam Operasional pelayanan.....	21
II.7 Data Klien.....	21
II.8 Pengguna.....	21
II.8.1 Pengelola.....	21
II.8.2 Pengunjung.....	21
II.9 Struktur Organisasi.....	22
II.10 Karakteristik Pengguna.....	22
II.11 Organisasi Ruang.....	24
II.11.1 Organisai Ruang Horizontal.....	24
II.11.2 Organisasi Ruang Vertikal.....	25
II.12 Studi Ruang.....	25
II.12.1 Studi Ruang Bengkel.....	25
II.12.2 Studi Ruang Modifikasi.....	26
II.12.3 Plotting Modul Ruang Penjualan Dan Modifikasi Pada Bangunan.....	27
- Besaran Ruang.....	27
II.13 Pemilihan Site.....	29
II.14 Analisa Site.....	32
II.15 Sistem Struktur.....	34

BAB III SINTESA

III.1 Studi Permasalahan.....	35
III.2 Latar Belakang Permasalahan Konsep	35
III.3 Konsep Bentuk.....	37
- pecarianbentuk tata masa bangunan	
- analisa karater bentukan konsep	
- plotting bentukan hasil trasfomasi konsep	
- transfomasi komponen fairing pada bangunan	
- landmark bangunan	

BAB IV DESIGN DEVELOPMENT

IV.1

Siteplan.....	44
Denah	45
Tampak.....	46
Potongan, situasi.....	47
Eksterior.....	48
Serial view.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

PUSAT MODIFIKASI DAN JUAL BELI SEPEDA MOTOR
DI JOGJAKARTA

*Transformasi Komponen(Mesin, Fairing, Rangka) Sepeda Motor
sebagai Pembentuk Citra Bangunan*

1.1 PENGERTIAN JUDUL

PUSAT	Tempat yang letaknya ada di tengah - tengah, menjadikan satu, terkumpul menjadi satu.
JUAL - BELI	Berdagang, berniaga, menjual dan membeli barang - barang
MODIFIKASI	Perubahan yang dilakukan pada performa, penampilan, hingga fungsi ¹
SEPEDA MOTOR	Sebuah alat kendaraan yang pada umumnya mempunyai roda dua dan menggunakan mesin sebagai tenaga penggerakannya.
JOGJAKARTA	Menunjukkan lokasi bangunan yang direncanakan, yang mewakili karakter dan kondisi lokasi dan perencanaan

Jadi pengertian ***Pusat Modifikasi dan Jual - beli Sepeda Motor di Jogjakarta*** adalah wadah atau tempat untuk melakukan transaksi jual - beli dan mengubah kendaraan sepeda motor, baik performa, penampilan, hingga fungsinya dan berlokasi di Jogjakarta.

1.2 LATAR BELAKANG

1.2.1 LATAR BELAKANG PERKEMBANGAN SEPEDA MOTOR

Sejarah perkembangan sepeda motor dimulai sejak akhir abad ke 18 tepatnya tahun 1885 di Jerman, dimana sepeda motor yang pertama menggunakan bahan bakar bensin di ciptakan oleh *Gottlieb Dimler*².

¹ Kamus Besar Bahasa Indonesia, halaman 662 Edisi kedua Balai Pustaka

² Motor Plus 130/III/Sabtu 25 Agustus 2001

Pertama kali sepeda motor di Indonesia di bawa oleh bangsa Inggris, dengan sebutan HILDERBRAND UND WOLFMULLER, yang merupakan sepeda motor buatan Jerman.

Jogjakarta sebagai ibukota propinsi dikenal sebagai "kota pelajar". Di kota ini ada sekitar 50-an universitas dan sekolah tinggi yang tersebar di berbagai sudut kota. Dan jumlah itu terus bertambah seiring dengan berkembangnya Jogjakarta sebagai kota pelajar, di mana mahasiswanya berasal dari seluruh penjuru Indonesia.

Perkembangan jumlah sepeda motor di Jogjakarta tidak bisa di hindari akibat pemenuhan kebutuhan mobilitas yang semakin meningkat dan dengan adanya penyebaran tempat pendidikan yang ada di Jogjakarta.

Akibatnya muncul berbagai klub sepeda motor Jogjakarta antara lain: IMTY (Ikatan Motor Tiger Jogjakarta), JPN (Jogjakarta Punya Ninja), TERJAL (Trail Jogjakarta Adventure), JKC (Jogja King Club), MOCCI (kumpulan sepeda motor Binter Merzy), AHC (Astrea Honda Club), YSC (Yogyakarta Skooter Club), dan lain -lain.

Adapun lokasi yang di jadikan para biker di sepanjang jalan Magelang (depan TVRI), bunderan UGM, sepanjang jalan Solo.dikarenakan pada lokasi tersebut banyaknya retail-retail modifikasi sepeda motor dan ketiga jalan tersebut sebagai jalur "touring" para biker di dalam kota.

Di sisi lain kebutuhan kendaraan yang ada saat ini tidak hanya sebagai alat untuk mobilitas semata tetapi terjadi fenomena menciptakan kendaraan / sepeda motor yang 'lain dari pada yan lain' bagi anak muda jaman sekarang. Meskipun minat masyarakat untuk memodifikasi sepeda motor- nya sangat tinggi namun terdapat beberapa hambatan antara lain

1. Berkaitan dengan penyebaran bengkel modifikasi dan jual – beli. Meskipun sudah cukup tersebar di Jogjakarta namun bengkel tersebut belum mempunyai fasilitas yang lengkap sehingga konsumen merasa kurang puas sebab masih harus berpindah - pindah tempat untuk mendapatkan fasilitas tertentu.

Misalnya ketika konsumen hendak memperbaiki penampilan sepeda motor dan ketika ingin memperbaiki mesin mereka 'harus' pindah ke bengkel yang lain untuk meng - "airbrush" sepeda motornya tersebut.

2. Hal lain yang menjadi fenomena yang terjadi pada bengkel - bengkel di Jogjakarta pada saat ini , tidak adanya ruang sebagai tempat 'test drive' bagi

konsumen yang memodifikasi mesin sepeda motornya, 'mereka' menggunakan badan jalan umum untuk mencobanya, hal ini menyebabkan jalan umum menjadi tidak aman. Karena pada dasarnya kebanyakan konsumen memodifikasi mesin untuk menambah kecepatan sepeda motornya dari kecepatan standart sepeda motor yang di jual oleh pabrikan dan kebanyakan sepeda motor ini di gunakan untuk kompetisi yang lazim di sebut kompetisi 'Road Race'

Saat ini sarana yang tersedia dan sering di gunakan sebagai ajang kompetisi 'Road Race' terletak di halaman stadion Mandala Krida, itu pun tidak mempunyai fasilitas penunjang sebagai tempat untuk kompetisi.

3. Hal lain sebagai dasar pertimbangan yang ada, konsumen merasa kebingungan ketika hendak mencari sparepart yang pada umumnya tidak di jual oleh pemegang ATPM, dengan kata lain konsumen harus mencari dengan menanyakan dari satu toko ke toko yang lain.

1.2.2 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Dalam perkembangan modifikasi pada umumnya konsumen ingin mendapatkan 'identitas' sepeda motornya. Hal ini banyak di tempuh dari berbagai modifikasi yang dilakukan oleh konsumen.

Modifikasi yang dilakukan juga tergantung pada selera pribadi. Pada saat ini modifikasi yang dilakukan oleh para 'bikers' kebanyakan memodifikasi mesin, penampilan, dan rangka. Ketiga komponen sepeda motor tersebut merupakan media bagi para 'bikers' untuk memodifikasi dari yang sederhana sampai yang extreme, tetapi tidak menutup kemungkinan komponen lain dari sepeda motor yang di jadikan media para pe-modifikator

Melihat adanya fenomena minat yang tinggi dari masyarakat untuk memodifikasi sepeda motor-nya, maka beberapa promotor mengambil kesempatan kreasi sepeda motor yang biasanya disebut kontes modifikasi untuk dapat terus meningkatkan apresiasi masyarakat terhadap motor modifikasi.

Adapun dalam kategori kontes yang sering dilakukan antara lain:

- Kontes body / fairing
- Kontes airbrush

- Kontes cepeer
- Kontes trondol
- Kontes cutting
- Konets rigid
- Dil³

Meskipun memakai tajuk kontes sepeda motor modifikasi, namun dalam setiap kontes para modifikator masih memberlakukan syarat kendaraan layak jalan sehingga para promotor tidak melanggar aturan yang berlaku

1.3 PERMASALAHAN

1.3.1 PERMASALAHAN UMUM

- Bagaimana merancang sebuah fasilitas yang dapat memberikan pelayanan secara utuh terhadap pengguna bangunan baik masyarakat ataupun pegawai.
- Bagaimana bangunan tanggap terhadap aktivitas yang berbeda yang disebabkan adanya kebutuhan kegiatan yang berbeda pula.

1.3.2 PERMASALAHAN KHUSUS

Bagaimana mewujudkan performa bangunan yang secara arsitektural dapat mencirikan sebuah pusat modifikasi motor dengan mempertimbangkan aspek teknologi pada sepeda motor dan menerapkannya pada citra bangunan.

1.4 TUJUAN

1.4.1 TUJUAN UMUM

- Di harapkan menjadi sebuah fasilitas yang dapat menampung kegiatan modifikasi secara utuh dan menimbulkan ketertarikan tentang pengenalan modifikasi secara jelas tanpa melanggar ketentuan yang berlaku.
- Sebagai fasilitas pendukung kegiatan jual beli serta modifikasi sepeda motor di Jogjakarta
- Memberikan wadah bagi masyarakat dan komunitas sepeda motor dengan merancang bangunan yang mempunyai nilai lebih baik dalam penampilan bangunan / identitas bangunan dan fasilitas di dalam bangunan.

³ Motor Plus, edisi 10/ii, minggu pertama September, 2004

1.4.2 TUJUAN KHUSUS

Menciptakan fasilitas yang dapat digunakan masyarakat umum baik yang melakukan aktivitas modifikasi ataupun sebagai tempat pengenalan modifikasi itu sendiri.

1.5 SASARAN

- Perbedaan akan kebutuhan aktivitas dan penggunaan bangunan sehingga dapat menciptakan ruang - ruang yang sesuai dengan kebutuhan tersebut, dan identifikasi kegiatan yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan.
- Sebagai sarana masyarakat yang di harapkan menjadi penarik minat dalam aspek kompetisi maupun modifikasi sepeda motor

1.6 KEASLIAN PENULISAN

- Laporan Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, judul laporan "Pusat Jual Beli Dan Resparasi Sepeda Motor Terpadu Di Sragen Jawa Tengah", disusun oleh Sutrisno, no mahasiswa 97 512 142.

1.7 STUDI LITERATUR

*"tokyo international forum"*⁴

Architect Rafael Vinoly

Location Tokyo, Japan

Date 1989 competition, completed 1996.

Building Type exhibition hall, conference center

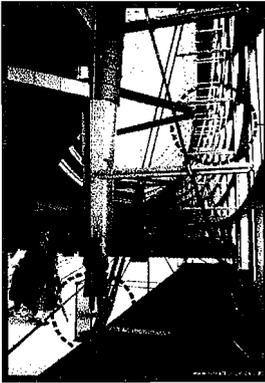
Construction System steel frame and megatruss, glass curtain wall

Climate warm temperate

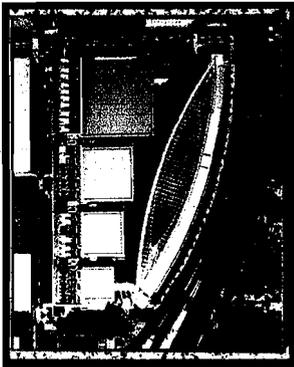
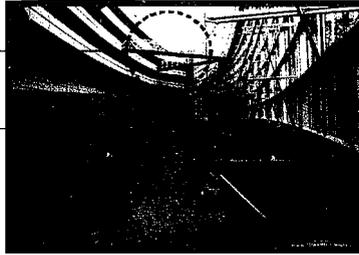
Context urban center

Style High -Tech Modern

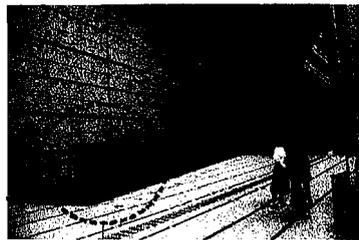
⁴© 1994-2004 Kevin Matthews and Artifice, Inc. All Rights Reserved.
[Http://www.GreatBuildings.com/buildings/Tokyo_International_Forum.html](http://www.GreatBuildings.com/buildings/Tokyo_International_Forum.html)



Detail-detail konstruksi di eksterior menunjukkan kesan bangunan yang modern



Tata masa yang teratur dengan bidang lengkung/ elips memberikan kesan tidak terlalu kaku. dapat kita bayangkan apabila komposisi massa di atas tidak mempunyai bidang lengkung maka akan terasa kaku, tidak dinamis. komposisi antara satu masa dengan yang lainnya cukup menarik, dengan tidak meninggalkan kesan yang terlalu dipaksakan.



Penggunaan ramp dan eskalator sebagai sarana transportasi vertikal tiap lantai memberikan kesan bangunan mudah diakses dan pengunjung dapat menikmati interior dengan lebih rileks, dan diharapkan pengunjung dapat menikmati detail bangunan yang terencana dengan baik.



Penggunaan material-material yang transparan memberikan kesan bangunan tidak idealis, melainkan kesan terbuka dan untuk dikikmati sangat besar



Komposisi bidang horizon dan vertikal sangat tonjolan dengan adanya bidang transparan

SIRKUIT SEPANG DI MALAYSIA⁵

SIRKUIT SEPANG DI MALAYSIA

*→ Penggabungan dua sifat yang berbeda (bidang masif dan transparan) pada entrance bangunan yang dimaksudkan untuk memperjelas keberadaan entrance bangunan.
→ Kekuatan bidang masif ini lebih diperkuat dengan plaza luas yang berada didepan bangunan.*



Area publik, digunakan sebagai plaza untuk pengunjung arena.

Karena sifatnya yang lebar dan terbuka maka plaza ini menggunakan lantai dan tiang sebagai pengarah pergerakan kepada pengunjung.

⁵ www.greatbuildings.com, commercialbuiding

Lantai sebagai pengarah sirkulasi mempunyai warna yang berbeda dengan lantai yang berfungsi sebagai penutup permukaan tanah.

Tiang yang digunakan sebagai pengarah pergerakan bagi pengunjung juga mempunyai skala yang sangat berbeda dan monumental, sehingga mampu menarik perhatian dan dapat melakukan tugasnya sebagai pengarah pergerakan.



Penggunaan bahu jalan yang lebar yang dapat digunakan sebagai arena darurat apabila kendaraan menikung terlalu lebar dan membutuhkan ruang yang lebih lebar

Bahu jalan juga digunakan sebagai area keselamatan bagi pengunjung, sehingga apabila ada kecelakaan tidak langsung menuju podium

Penonton berada di podium yang mempunyai elevasi yang berbeda dengan arena. Podium didesain lebih tinggi daripada arena untuk alasan kenyamanan (agar penonton bisa lebih jelas melihat turnamen) dan alasan keselamatan (agar jarak penonton tidak terlalu dekat dengan arena).

Meskipun podium berada tidak terlalu dekat dengan arena namun kenyamanan penonton sangat terjaga, hal ini dapat dilihat dengan penggunaan atap peneduh bagi podium, kursi yang nyaman, dan jarak pandang penonton yang bebas.V

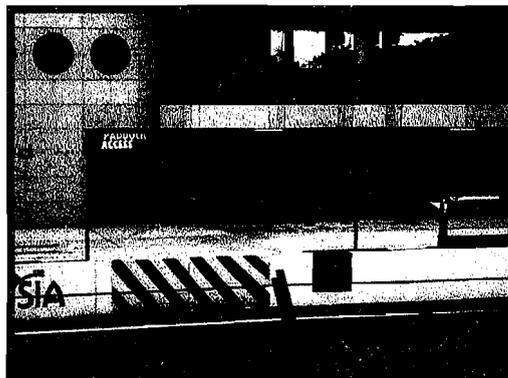


Area bengkel bagi kru berada disisi arena namun tetap diberi pembatas untuk menjaga keselamatan.

Meskipun berada disisi arena namun antara bengkel dan arena juga tetap dibatasi dengan area transisi / bahu jalan yang cukup lebar dan berpagar.

Penggabungan bidang masif dan bidang transparan pada bangunan yang memberi kesan modern pada bangunan.

Penggunaan warna abu - abu pada bangunan juga memberi kesan maskulin.



DENVER ART MUSEUM

Arsitek : Daniel Libeskind

Lokasi : Denver, Colorado – USA



Bangunan ini dibangun diatas lahan seluas 146.000 square feet dan menjadi bangunan yang memiliki konstruksi paling unik bagi bangunan sekitarnya.

Di harapkan bangunan pusat modifikasi sepeda motor yang direncanakan dapat menimbulkan citra yang sama dengan bangunan diatas.

PLAZA EX

Lokasi : Jakarta, Indonesia⁶

Ini adalah gedung baru dengan label: Plaza EX, singkatan dari Entertainment Xenter. Bangunan empat lantai yang dibuat dengan konsep moto MTV: "gue banget!". Target market - nya jelas: generasi MTV! "Generasi MTV itu kan menerima semua hajaran informasi. Mereka cenderung liar berekspresi, sangat open minded," kata Dicky Hendrasto, seorang arsiteknya.

Tak mengherankan, desainnya mencaplok gaya generasi tersebut. Funky, trendy, sportif, dengan elemen-elemen nyentrik bergaya modern kontemporer. Kesannya "semua gue" namun intelek. Gedung ini didesain oleh tim kecil dari Biro Arsitek Denton Corker Marshall (DCM). Tim terdiri dari Budiman Hendropurnomo, Dicky Hendrasto, dan Sonny Sutanto, yang sebelumnya

⁶ Asmayani Kusriani

[Arsitektur, GATRA, Edisi 11 Beredar Jumat 23 Januari 2004]

Dengan pertimbangan remaja sekarang bergaya simpel, elemen yang dipilih pada Palza EX pun sederhana: murni geometris. Komposisinya "hanya" terdiri dari kubus, kotak, dan sedikit aksesoris lengkung. Untuk memberi kesan "bergerak" yang sportif, susunan bangunan yang terdiri dari lima kotak dibuat dengan ketinggian berbeda dan acak.



MUSEUM AEROSPACE

Frank O Gehry⁷



Dengan mempertimbangkan salah satu ornamen pada bangunan disamping ini bertujuan untuk menjadikan bangunan itu dapat di kenal memberikan kesan tersendiri bahwa bangunan itu mempunyai hubungan dengan pesawat terbang dalam kasus ini bangunan tersebut adalah museum pesawat terbang. Bisa di bayangkan jika bangunan dengan tidak adanya ornamen pesawat terbang.....?

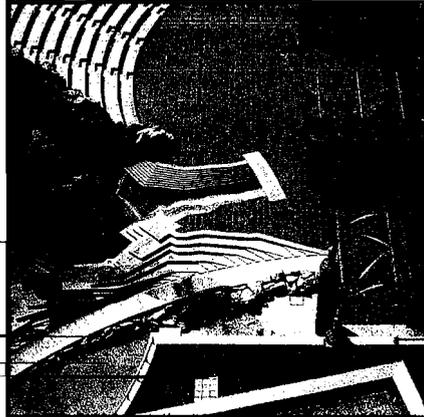
⁷ www.greatbuildings.com, architect Frank O Gehry

TSUKUBA CENTER⁸

Arata Isozaki, 1983

Pembentukan ruang luar yang
rekreatif dan dinamis

Penggabungan beberapa material
untuk menciptakan kesan dinamis
selain penggunaan bentuk - bentuk
lengkung dan zig - zag yang sangat
dominan



⁸ Contemporary Japanese architect, taschen

BAB II

ANALISA

II.1 SPESIFIKASI PROYEK

II.1.2 FUNGSI BANGUNAN

Bangunan yang akan dirancang merupakan bangunan yang berfungsi sebagai pusat jual beli dan modifikasi sepeda motor di Jogjakarta, maka fungsi yang diwadahnya adalah

1. Pusat jual - beli Motor

Yaitu sebagai bangunan yang berfungsi sebagai penyedia wadah bagi kegiatan jual - beli khususnya kendaraan bermotor yang telah dimodifikasi dan menyediakan sparepart bagi sepeda motor.

2. Pusat Modifikasi sepeda motor

Yaitu sebagai tempat untuk berkumpulnya para bikers yang ingin memodifikasi motornya

II.2 PELAKU KEGIATAN

II.2.1 KEGIATAN DALAM BANGUNAN

Kegiatan dalam bangunan terbagi menurut;

1. Kegiatan pokok dalam bangunan

- Pengadaan sparepart sepeda motor untuk melengkapi koleksi dan sebagai daya tarik bagi pengunjung dan memperkuat kegiatan jual - beli dalam bangunan
- Pelayanan pengunjung, baik pengunjung bengkel maupun bikers yang menggunakan bangunan untuk tempat mangkal

2. Kegiatan penunjang

a. Kegiatan yang dilakukan oleh pengelola

Pengelola mengatur kegiatan di dalam maupun keluar bangunan, kegiatan yang dilakukannya antara lain:

- Pengelolaan administrasi
- Pelayanan pada pengunjung
- Mengatur kegiatan teknis operasional baik ke dalam maupun keluar

- Mengatur hubungan dengan bidang usaha lainnya untuk menyediakan fasilitas dan promosi
- b. Kegiatan yang dilakukan oleh pengunjung
- Pengunjung dibedakan menjadi dua macam, yaitu:
1. Bikers
Bikers adalah pengunjung yang berupa komunitas Sepeda Motor / club motor yang keberadaannya dalam bangunan untuk mangkal, bertukar informasi tentang motor dan menjadikan bangunan sebagai wadah untuk saling bertemu.
 2. Pengunjung
Mengunjungi bangunan sebagai klien yang ingin mendapat dan menggunakan fasilitas yang terdapat dalam bangunan yaitu jual - beli motor atau memodifikasi kendaraannya.
 - Pedagang : penjual sparepart dan aksesoris melalui bengkel – bengkel
 - Pengusaha : pengusaha yang memiliki hak ATPM
 - Perbankan : adanya usaha jual - beli menarik bank untuk ikut berpartisipasi
 - Pengunjung : konsumen / masyarakat yang membutuhkan pelayanan barang maupun jasa.
 - Pengelola : orang yang mengetahui organisasi bangunan dan kegiatan, mulai direktur sampai pengurus maintenace.
 - Instansi : adanya peraturan tentang sepeda motor modifikasi dari kepolisian guna layak jalan

Macam kegiatan yang terjadi di dalam bangunan, antara lain:

1. Kegiatan utama di dalam bangunan
 - Tempat modifikasi
 - Penjualan
 - Pembelian
 - Perawatan dan resparasi
 - Kompetisi balap motor
2. Kegiatan penunjang di dalam bangunan
 - Pameran
 - Game

- Kantin
- Cuci sepeda motor
- Kompetisi road race

3. Kegiatan yang teragendakan

1. Kegiatan harian

- # latihan balap motor
 - Hari = setiap hari
 - Jam = 15.00 - 17.30
- # test drive
 - Hari = setiap hari
 - Jam = 08.00 - 15.00

2. Kegiatan bulanan

- # Turnamen Road Race
 - Hari = minggu keempat
 - Jam = 08.00 - selesai

3. Kegiatan tahunan

- # Kontes dan "touring" motor modifikasi
 - Hari = minggu pertama
 - Jam = 08.00 – selesai

II.3 PROGRAM RUANG

	FUNGSI	KEGIATAN	FASILITAS
UTAMA	modifikasi penjualan & pembelian perawatan dan resparasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ merubah penampilan, performa hingga fungsi sepeda motor. ▪ penjualan yang dilakukan oleh pemegang ATPM atau penyewa retail. ▪ pembelian yang dilakukan oleh pemegang ATPM dari konsumen /masyarakat, atau sebaliknya pembelian yang dilakukan oleh konsumen dari pemegang 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rg .bengkel modifikasi ▪ rg.display komponen modifikasi ▪ rg. display produk sepeda motor ▪ rg. bengkel untuk perawatan

		<p>atpm.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ usaha perbaikan dan perawatan sepeda motor oleh pemegang atpm kepada konsumen. ▪ pemeliharaan bangunan serta manajemnya. 	<p>dan resparasi</p>
PENUNJANG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ test drive dan kompetisi ▪ hiburan ▪ cuci sepeda motor ▪ pengelola perkantoran pameran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ uji coba kendaran baru dan bekas. ▪ Administrative ▪ turnamen lokal maupun nasional ▪ Pameran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ arena test drive ▪ tempat cuci kendaraan ▪ rg. parkir. ▪ Restoran ▪ Mushola ▪ Ruang pameran ▪ Dapur ▪ Security ▪ lavatory
PELENGKAP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ instansi kepolisian ▪ bank ▪ warpostel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ memeriksa uji kelayakan ▪ Sarana telekomunikasi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rg. staf ▪ loket bank ▪ Rg.tunggu

II.4 DAYA TAMPUNG

Berdasarkan perkembangan jumlah merk yang beredar di pasaran khususnya Jogjakarta, meningkatkan pasaran jual - beli di Jogjakarta. Saat ini perusahaan yang terdaftar baik sebagai importir maupun perakitan kendaraan bermotor roda dua berdasarkan Tanda Pendaftaran Tipe adalah 161 perusahaan dengan sekitar 210 merek. Adapun yang mengimpor maupun merakit tipe bebek (underbone /cup) adalah 136 perusahaan, namun hanya 77 perusahaan yang aktif melakukan kegiatannya. Berdasarkan data populasi sepeda motor yang menunjukkan bahwa jenis underbone (bebek) memiliki populasi tertinggi, jenis ini dipilih untuk dijadikan contoh uji pada periode Maret Desember 2002. Dari 77 perusahaan yang masih aktif tersebut, yang berkesempatan untuk

mengikuti uji publik hanya 38 perusahaan yang saat ini telah selesai diuji seluruhnya.⁹

Berbeda dengan di masa Orde Baru di mana merek, jenis, dan kapasitas mesin sepeda motor variasinya sangat terbatas, namun kini pasar sepeda motor semakin meningkat. Serbuan sepeda motor buatan Cina, yang harganya lebih murah ketimbang sepeda motor produksi dalam negeri, membuat pasar semakin semarak. Data yang ada memperlihatkan sepeda motor Cina berhasil merebut 18, 44 persen pangsa penjualan sepeda motor di dalam negeri.

Dengan demikian, sepeda motor Cina berhasil menempatkan diri di urutan kedua, di belakang Honda yang merebut 50 persen pangsa penjualan sepeda motor. Pendatang baru dari Cina itu berhasil mengalahkan pemain lama seperti Yamaha, yang hanya meraih pangsa pasar 17, 97 persen, dan Suzuki (15, 13 persen).

Bukan hanya itu, bersamaan dengan serbuan sepeda motor Cina, masuk pula sepeda motor asal Korea Selatan dan Italia yang membuat pasar semakin ramai.

Simak saja merek - merek sepeda motor yang dijual di pasar saat ini. Mulai dari Aprilia, Bosowa, Beijing Motorcycle, Cagiva, Dast, Ducati, Garuda, Husqvarna, Jianshe, Jialing, Jincheng, Kanzen, KTM Motor, Kymco, Mahator, Nasha, Sanex, Starway, dan Triumph. Merek - merek ini mendampingi merek-merek yang selama ini hadir, yakni Honda, Kawasaki, Suzuki, Yamaha, Piaggio, dan secara terbatas sepeda motor besar dari BMW dan Harley Davidson.¹⁰

Meningkatnya angka penjualan sepeda motor itu juga membuat produksi sepeda motor terus meningkat. Data Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) menunjukkan bahwa produksi sepeda motor pada bulan Januari 2001 mencapai 101.659 unit. Produksi dari asosiasi yang terdiri dari Honda, Kawasaki, Piaggio (Vespa), Suzuki, dan Yamaha terus meningkat pada bulan-bulan berikutnya. Pada bulan April produksi sepeda motor mencapai 126.401 unit, lebih besar dari bulan sebelumnya yang hanya mencapai 121.909 unit :¹¹

Di samping merk jepang yang beredar di pasaran Jogjakarta ada merk sepeda motor dari negara lain. Dengan hadirnya sepeda motor Cina, dan juga sepeda motor dari negara-negara lainnya, jenis sepeda motor di dalam negeri

⁹ sumber: <http://ilmea.dprin.go.id/ujipublik/pers.doc>

¹⁰ sumber: <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0108/28/ekonomi/pasa30.htm> >Selasa, 28 Agustus 2001

¹¹ www.kompas.com/.../0108/28/ekonomi/pasa30.htm/Selasa, 28 Agustus 2001

pun semakin beragam. Kalau di masa lalu, jenis skuter yang dikenal di dalam negeri itu hanya Vespa, kini juga dikenal skuter kecil antara lain seperti Jetmatic dari Kymco, perusahaan Korea Selatan, atau JC50QT dari Jincheng, perusahaan Cina yang bekerja sama dengan Suzuki Motor Co Ltd (Jepang).

Tetapi tidak seluruhnya pemegang ATPM membuka dealer sepeda motor di jogjakarta. Adapun pemegang ATPM yang banyak di jogjakarta antara lain:

- >HONDA
- >KAWAKSAKI
- >PIAGGIO
- >SUZUKI
- >YAMAHA
- >KYMCO
- >KANZEN
- >JINCCHENG

MERK MOTOR	HONDA	YAMAHA	SUZUKI	KYMCO	KANZEN	KAWAKSAKI	PIAGGIO	DLL
% PENJUALAN	40%	10%	10%	5%	10%	10%	5%	10%

- Penjualan sepeda motor ATPM = 100 -150 /bulan/unit
- Perawatan dan resparasi ATPM = 150 - 200 /bulan/unit
- Modifikasi melalui ATPM = 10 - 20 /bulan/unit

- Modifikasi d bengkel modifikasi = 100 - 200 /bulan/unit
- Perawatan dan resparasi local = 50 - 100 /bulan/unit

II.5 KEBUTUHAN RUANG

1. Fungsi Utama

a. Modifikasi

- Ruang etalase sparepart
- Ruang bengkel modifikasi
- Ruang tunggu
- Ruang manajemen

- b. Penjualan dan Pembelian
 - Ruang display produk
 - Ruang kantor
 - Ruang transaksi
 - Ruang arsip
 - Ruang bengkel
 - Lavatory
 - Ruang tunggu
 - c. Perawatan dan Respirasi
 - Ruang kassa
 - Ruang cek
 - Ruang bengkel
 - Ruang tunggu
 - Ruang staff
 - Ruang ganti mekanik
 - Ruang suku cadang / gudang
 - Lavatory
2. Fungsi Penunjang
- a. Test drive dan kompetisi
 - Arena balap
 - rg parkir
 - rg loket
 - rg paddock
 - rg penonton
 - lavatory
 - Gudang
 - rg periksa kendaraan
 - b. Hiburan
 - rg game
 - rg tiket
 - rg duduk / santai
 - c. Cuci sepeda motor
 - tempat cuci
 - rg ganti karyawan
 - rg linen

II.6 JAM OPERASIONAL PELAYANAN

Kegiatan pelayanan dilakukan setiap hari dari pukul 08.00 - 15.00

Sedangkan untuk arena even road race tetap dibuka hingga pukul 18.00

II.7 DATA KLIEN

Fasilitas pusat jual-beli dan modifikasi sepeda motor ini dimiliki oleh swasta, sehingga dapat mengatur program kegiatannya sendiri.

Sedangkan dana perawatan dan operasional berasal dari laba penjualan dan bantuan dari pihak lain (donatur)

II.8 PENGGUNA

II.8.1 1. PENGELOLA, pihak yang bertanggung jawab dan bertugas mengelola bangunan

A. Pengelola Bengkel / Retail

1. Pengelola bengkel reparasi
2. Pengelola bengkel modifikasi
3. Pengelola Retail jual- beli

B. Pengelola Bangunan

1. Kepala Bangunan
2. Wakil Kepala Bangunan
3. Divisi Pemasaran
4. Supervisor
5. Staf Kontrol Komunikasi
6. Staf Utilitas
7. Housekeeping
8. Security
9. Cleaning Servis

C. Pengelola Arena Test Drive

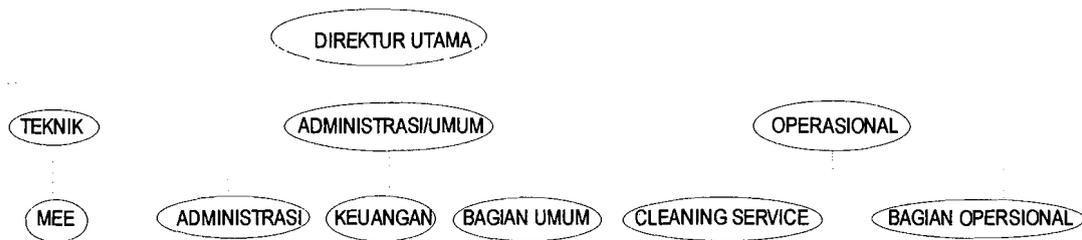
1. Divisi Pemasaran
2. Supervisor
3. Cleaning Servis

II.8.2 PENGUNJUNG

- A. Pengunjung Bengkel Reparasi**, yaitu konsumen dengan motor yang akan diperbaiki

- B. Pengunjung Bengkel Modifikasi, yaitu konsumen yang ingin memodifikasi motor
- C. Bikers, pihak yang menggunakan bangunan sebagai tempat berkumpul dan bertukar informasi tentang sepeda motor
- D. Pengunjung Arena Test Drive / Penonton, pengunjung yang ingin melihat kegiatan test drive maupun kompetisi roadrace yang sedang berlangsung
- E. Pengunjung area Jual - beli, pengunjung yang memanfaatkan kegiatan menjual jasa yang terjadi dalam bangunan.

II.9 STRUKTUR ORGANISASI



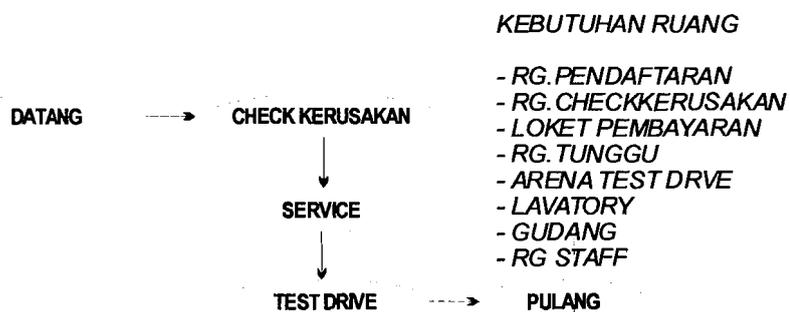
II.10 KARAKTERISTIK PENGGUNA

- PENGUNJUNG DAN KONSUMEN

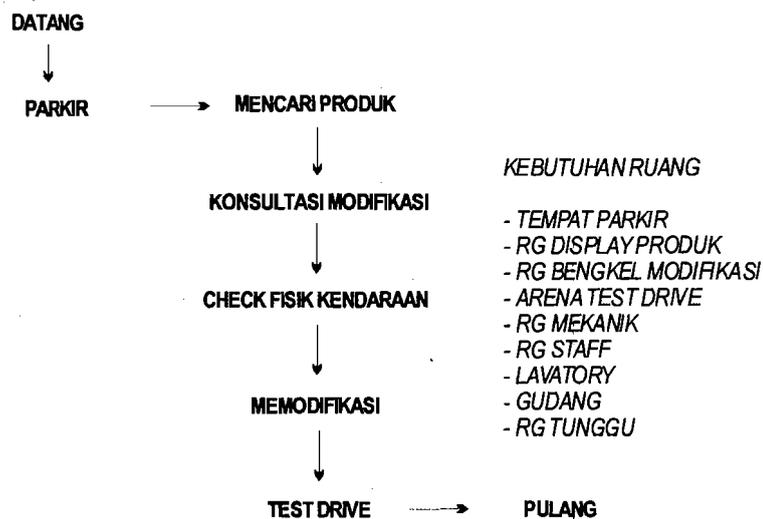
1. PEMBELI



2. PERWATAN DAN SERVICE



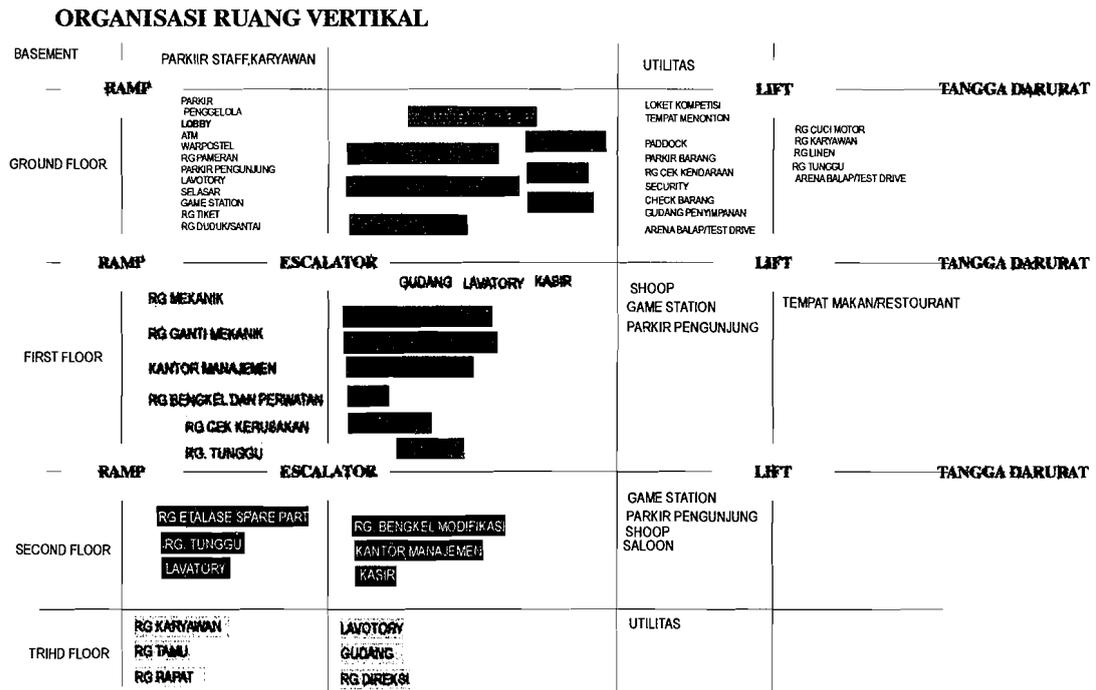
3. MODIFIKASI



4. PERKANTORAN

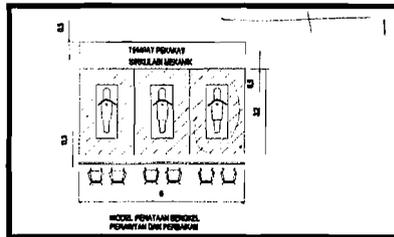
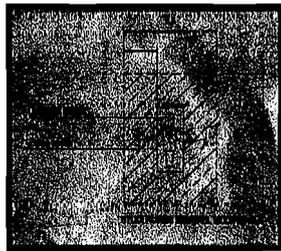


II.11.2 ORGANISASI RUANG VERTIKAL

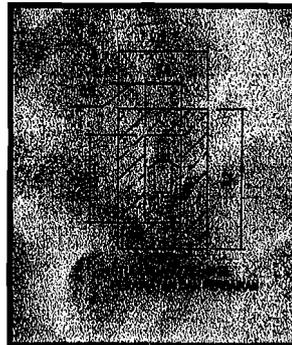


II.12 STUDI RUANG

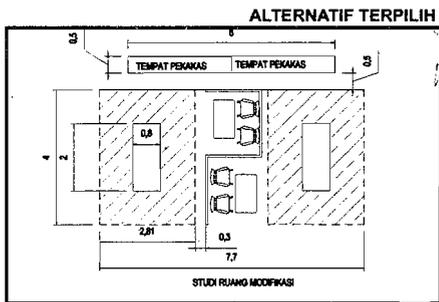
II.12.1 STUDI RUANG BENGKEL



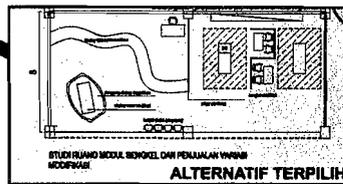
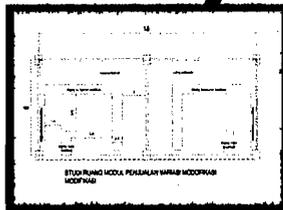
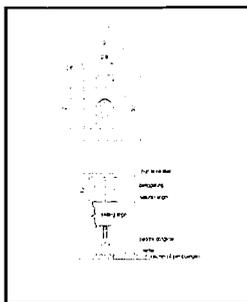
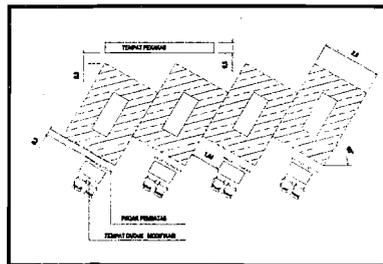
MODUL RUANG BENGKEL MODIFIKASI LEBIH BESAR DARI RUANG BENGKEL PERAWATAN DAN PERBAIKAN DI KARENAKAN KEGIATAN MODIFIKASI KONSUMEN LEBIH IKUT DALAM KEGIATAN BENGKEL



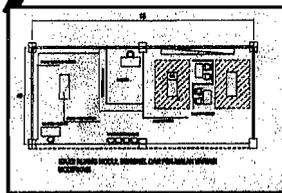
II.12.2 STUDI RUANG UNTUK MODIFIKASI



LAYOUT RUANG MODIFIKASI
LEBIH DI TEKANKAN PADA
KENYAMANAN KONSUMEN DAN
EFISIENSI RUANG

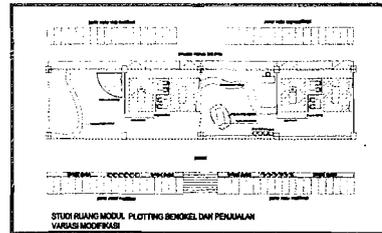
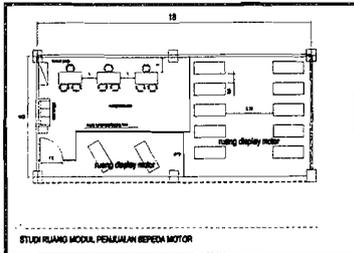


TARNIFORMASI FAIRING SEPEDA MOTOR
MENJADI KONSEP LAYOUT RUANG
MODIFIKASI DI TATA LEBIH DINAMIS TANPA
MENIGGALKAN FUNGSIONAL RUANGAN
SEBAGAI TEMPAT RET



PLOTTING MODUL RUANG PENJULAN DAN MODIFIKASI PADA BANGUNAN

PENATAAN RUANG RETAIL DI HARAPKAN MENIMBULKAN KESAN YANG DINAMIS TIDAK KAKU



ALTERNATIF TERPILIH

BESARAN RUANG

KELOMPOK RUANG	NAMA RUANG	VOLUME	STANDART	JLH RG	BESARAN RUANG	SIRK	LUASAN
MODIFIKASI	>>Ruang etalase sparepart	10 orang	30 m ² /unit	14	420 m ²	10%	462 m ²
	>>Ruang bengkel modifikasi	2 motor	11.2 m ² /mtr	14	313.6 m ²	-	313.6 m ²
	>>Ruang tunggu	7 orang	0.9 m ² /org	14	12.6 m ²	10%	13.86 m ²
	>>Ruang manajemen	1 orang	9 m ² /orang	14	126 m ²	-	126 m ²
							915.46 m ²
PENJUALAN DAN PEMBELIAN	>>Rg display produk	10 motor	2,5 m ² /mtr	7	175 m ²	-	175 m ²
	>>Ruang kantor						
	>>Ruang transaksi	1 orang	12 m ² /org	7	84 m ²	-	84 m ²
	>>Ruang arsip	4 orang	5.5 m ² /org	7	154 m ²	-	154 m ²
	>>Ruang bengkel	1 orang	4 m ² /unit	7	28 m ²	-	28 m ²
	>>Lavatory	2 motor	6.4/mtr	7	89.6 m ²	-	89.6 m ²
	>>Ruang tunggu	2 orang	16 m ² /unit	7	112 m ²	-	112 m ²
							69.3 m ²
							711.9 m ²
PERAWATAN DAN RESPARASI	>>Ruang kassa	1 orang	5,5m ² /orang	7	38.5 m ²	-	38.5 m ²
	>>Ruang cek	1 motor	6,4 m ² /mtr	7	44.8 m ²	-	44.8 m ²
	>>Ruang bengkel	2 motor	6,4 m ² /mtr	7	89.6 m ²	-	89.6 m ²
	>>Ruang tunggu	10 orang	0.9/org	7	63 m ²	10%	69.3 m ²
	>>Ruang staff	4 orang	5.5 m ² /org	7	154 m ²	-	154 m ²
	>>Ruang ganti mekanik	1 orang	4 m ² /org	7	28 m ²	-	28 m ²
	>>Ruang suku	1 orang	16 m ² /unit	7	112 m ²	-	112 m ²

Pusat Modifikasi dan Jual Beli Sepeda Motor Di Jogjakarta

	cadang/gudang >>Lavatory	2 orang	16 m2/unit	7	112 m2	-	112 m2
							648,2 m2
TERST DRIVE DAN KOMPETISI	>> Arena balap	-	750 m2/unit	1	750 m2	-	750 m2
	>> rg parkir					-	
	Motor	210motor	2 m2/mtr	1	420 m2	-	420 m2
	Mobil	50 mobil	25 m2/mobil	1	1250 m2	-	1250 m2
	>> rg loket	2 orang	30 m2	1	60 m2	-	60 m2
	>> rg paddok	2 motor	27 m2/unit	15	405 m2	-	405 m2
	>> rg penonton	300 orang	0.9 m2/org	1	270 m2	10%	290 m2
	>> lavatory	2 orang	16 m2/unit	2	32 m2	-	32 m2
	>> Gudang	1 unit	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
>> rg periksa kendaraan							
							3223 m2
HIBURAN DAN PENUNJANG	>> rg game	20 orang	5,5 m2/org	1	110 m2	-	110 m2
	>> rg tiket	1 orang	9 m2/unit	1	9 m2	10%	9.9 m2
	>> rg duduk/santai	15 orang	0,9 m2/org	1	13,5 m2	10%	14.85 m2
	>> rg salon	10 orang	6 m2/org	1	60 m2	-	60 m2
	>> rg fitness	20 orang	3 m2/unit	1	60 m2	10%	66 m2
	>> restourant	60 orang	1,5 orang	1	90 m2	-	90 m2
	>> r shalat	40 orang	1,2 m2/org	1	48 m2	20%	57,6 m2
	>> lobby utama	50 orang	0,9 m2/org	1	45 m2	10%	49.5 m3
	>> gudang induk	1 orang	30 /unit	35	1050 m2	15%	1207.5 m2
>> perpustakaan	30 orang	5,5 m2	1	165 m2	15%	189.75m2	
							1855.5m2
CUCI SEPEDA MOTOR	>> rg cuci motor	4 motor	6.4 m2/mtr	1	25,6 m2	-	25,6 m2
	>> rg ganti karyawan						
	>> rg linen	1 orang	4 m2/org	1	4 m2	-	4 m2
	>> rg pompa	1 orang	6 m2/unit	1	9 m2	-	9 m2
	>> rg tunggu	1 unit	9 m2/unit	1	9 m2	-	9 m2
	>> kassa	10 orang	0,9 m2/org	1	9 m2	10 %	9,9 m2
		1 orang	5,5 m2/unit	1	5,5 m2	-	5,5 m2
							63 m2
PENGELOLA KANTOR	>> rg karyawan	10 orang	5,5 m2/org	1	55 m2	-	55 m2
	>> rg rapat	8 orang	1.6m2/org	1	12.8 m2	-	12.8 m2
	>> rg pimpinan	1 orang	9 m2/org	1	9 m2	-	9 m2
	>> rg tamu	2 orang	9 m2/unit	1	9 m2	-	9 m2
	>> rg arsip	1 orang	4 m2/unit	1	4 m2	-	4 m2
	>> pantry	1 orang	6 m2/unit	1	6 m2	-	6 m2
	>> lavatory	2 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
	>> gudang	1 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
							127,8 m2
PEMERAN	>> rg pamer	15 motor	6,4 m2/mtr	1	96 m2	-	96 m2
	>> gudang	1 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
							112 m2
INSTANSI KEPOLISIAN	>> rg karyawan	4 orang	5,5 m2/org	1	22 m2	-	22 m2
	>> rg pimpinan	1 orang	9 m2/org	1	9 m2	-	9 m2

	>> rg cek	1 orang	6,4 m2/mtr	1	6,4 m2	-	6,4 m2
	>> rg arsip	1 orang	4 m2/unit	1	4 m2	-	4 m2
	>> rg foto	1 unit	6,4 m2/mtr	1	6,4 m2	-	6,4 m2
	>> pantry	1 unit	6 m2/unit	1	6 m2	-	6 m2
	>> lavatory	2 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
	>> gudang	1 orang	16/m2/unit		16 m2		16 m2
							85,8 m2
BANK	>> rg tunggu	10 orang	0,9 m2/org	1	9 m2	10%	9 m2
	>> rg satff	10 orang	5,5 m2/org	1	55 m2	-	55 m2
	>> kassa	5 orang	5,5 m2/org	1	27,5 m2	-	27,5 m2
	>> rg arsip	1 orang	4 m2/unit	1	4 m2	-	4 m2
	>> pantry	1 orang	6 m2/unit	1	6 m2	-	6 m2
	>> lavatory	1 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
	>> gudang	1 orang	16 m2/unit	1	16 m2	-	16 m2
							133.5 m2
							7875.76 m2

II.13 PEMILIHAN SITE

Sepeda motor tidak lagi menjadi barang mewah. Di Jogjakarta sepeda motor telah menjadi moda transportasi yang sangat populer. Karena ada banyak kesamaan pada sepeda motor yang digunakan maka memicu konsumen untuk memodifikasi sepeda motor sesuai dengan selera mereka.

Banyaknya motor modifikasi juga memicu promoter mengadakan kontes sepeda motor, sehingga secara tidak langsung mendorong para pengusaha untuk membuka showroom atau bengkel - bengkel modifikasi yang melanda Jogja saat ini. Dengan banyaknya club - club sepeda motor yang ada maka perlu disediakan wadah yang mampu menampung kegiatan - kegiatan komunitas sepeda motor di Jogja.

Untuk melihat lebih jauh tentang keberadaan klub - klub sepeda motor bisa di lihat dari banyaknya tempat 'tongkrongan' yang ada di Jogjakarta, misalnya:

- Motor Vespa, Pitung, Grand, Hampir setiap sore di boulevard UGM
- Grand modifikasi, Pitung, sepanjang jalan solo setiap malam minggu
- Motor Tiger, di depan kantor pos besar
- Vespa, sepanjang jalan Malioboro
- di jalan magelang, depan TVRI

Dasar pertimbangan pemilihan site:

- Jl. Magelang merupakan sentra bengkel di Jogjakarta, banyak bengkel baik motor maupun mobil yang terletak disini. Diantara bengkel dan pusat modifikasi yang telah ada belum ada tempat *Test Drive*
- Mudah diakses baik dari kota maupun dari daerah sekitar sebab site ini mudah dijangkau oleh kendaraan, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Kendaraan umum yang menjangkau site antara lain KOPATA, becak, dan delman.
- Arena *Test Drive* menimbulkan polusi suara yang cukup besar sehingga dicari site yang tidak begitu dekat dengan perumahan penduduk sebab dikhawatirkan akan mengganggu kenyamanan penduduk sekitarnya.
- Site mempunyai daya dukung yang baik, sudah tersedia jaringan listrik, telephone, dan air bersih.

Dasar pertimbangan pemilihan site:

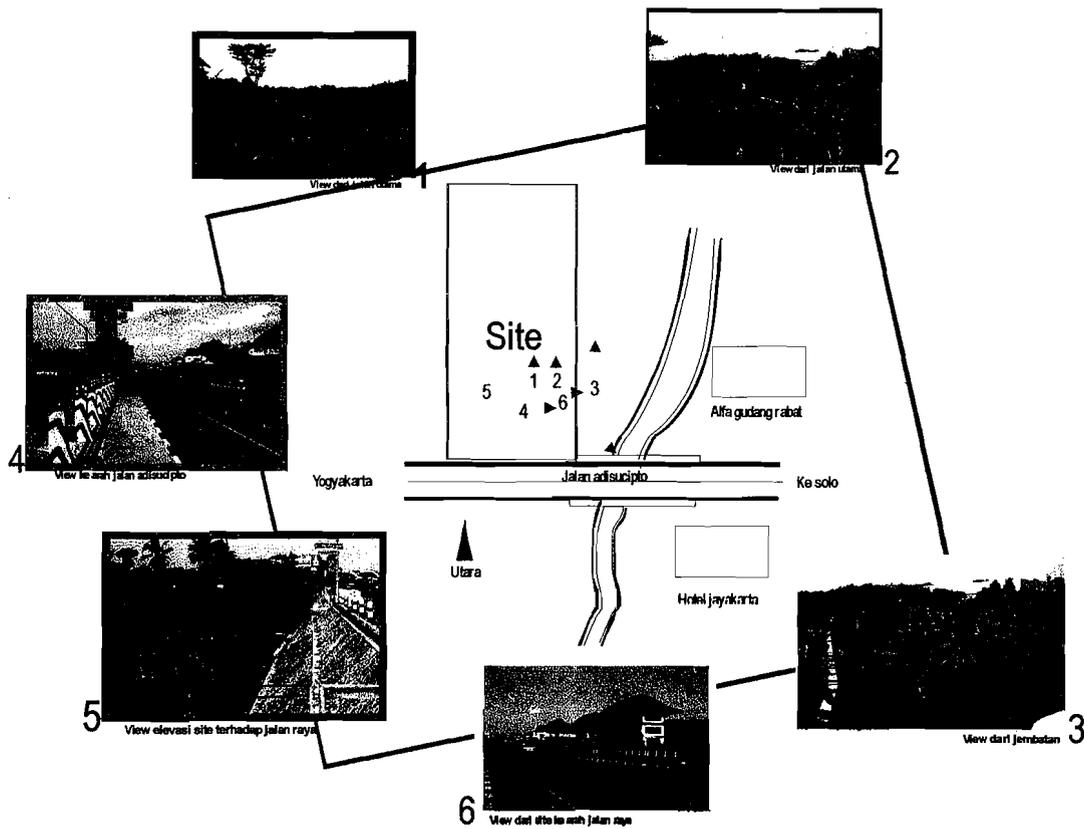
- Jl. Solo sering digunakan untuk 'mangkal' klub - klub motor yang ada di Jogjakarta, sehingga lebih memudahkan 'bikers' untuk mengaksesnya.
- Jl. Solo merupakan jalur utama untuk memasuki wilayah Jogjakarta sehingga apabila lokasi Bangunan berada di Jl.Solo maka keberadaan Pusat Modifikasi motor ini akan lebih diketahui orang, mudah merakyat.
- Mudah diakses baik dari kota maupun dari daerah sekitar sebab site ini mudah dijangkau oleh kendaraan, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Kendaraan umum yang menjangkau site antara lain KOPATA, becak, dan delman.
- Kelemahan site ini adalah letaknya yang berada dekat dengan pemukiman. Meskipun demikian kebisingan yang ditimbulkan oleh arena *Test Drive* dirasakan masih mampu diredam dan direncanakan lebih baik dalam proses perancangan nantinya.
- Site mempunyai daya dukung yang baik, sudah tersedia jaringan air bersih, listrik dan telephone

Berdasarkan dasar – dasar pertimbangan diatas maka didapat alternative site sebagai berikut :

- Alternative I, Jalan solo
samping sebelah timur hotel ambarukmo
- Alternatif II, Jalan solo

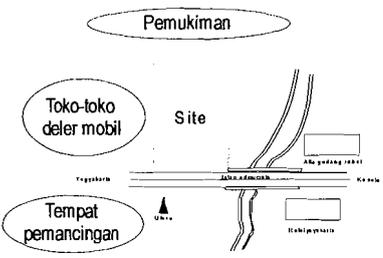
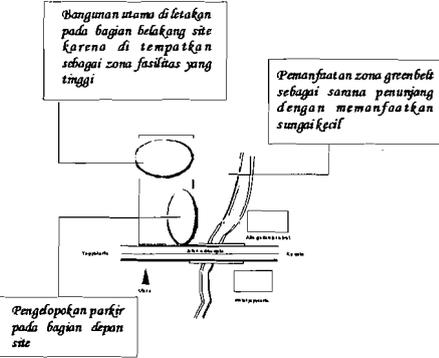
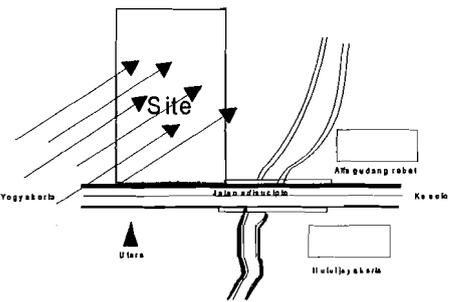
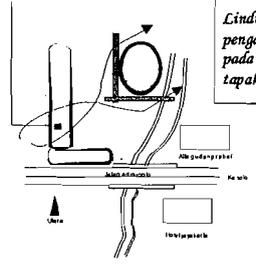
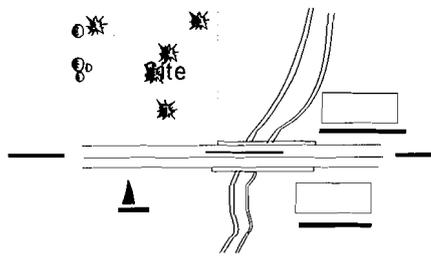
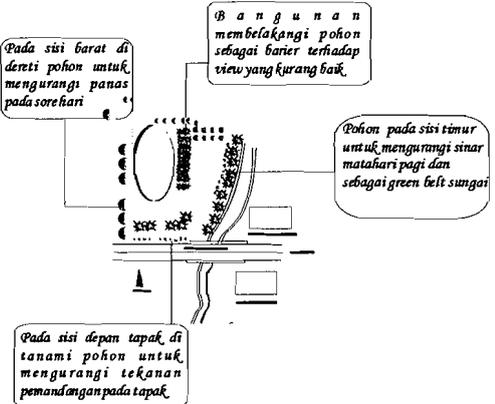
sebelah timur alfa gudang rabat
dari kedua alternative site tersebut dipilih Site II, dengan dasar pertimbangan sebagai

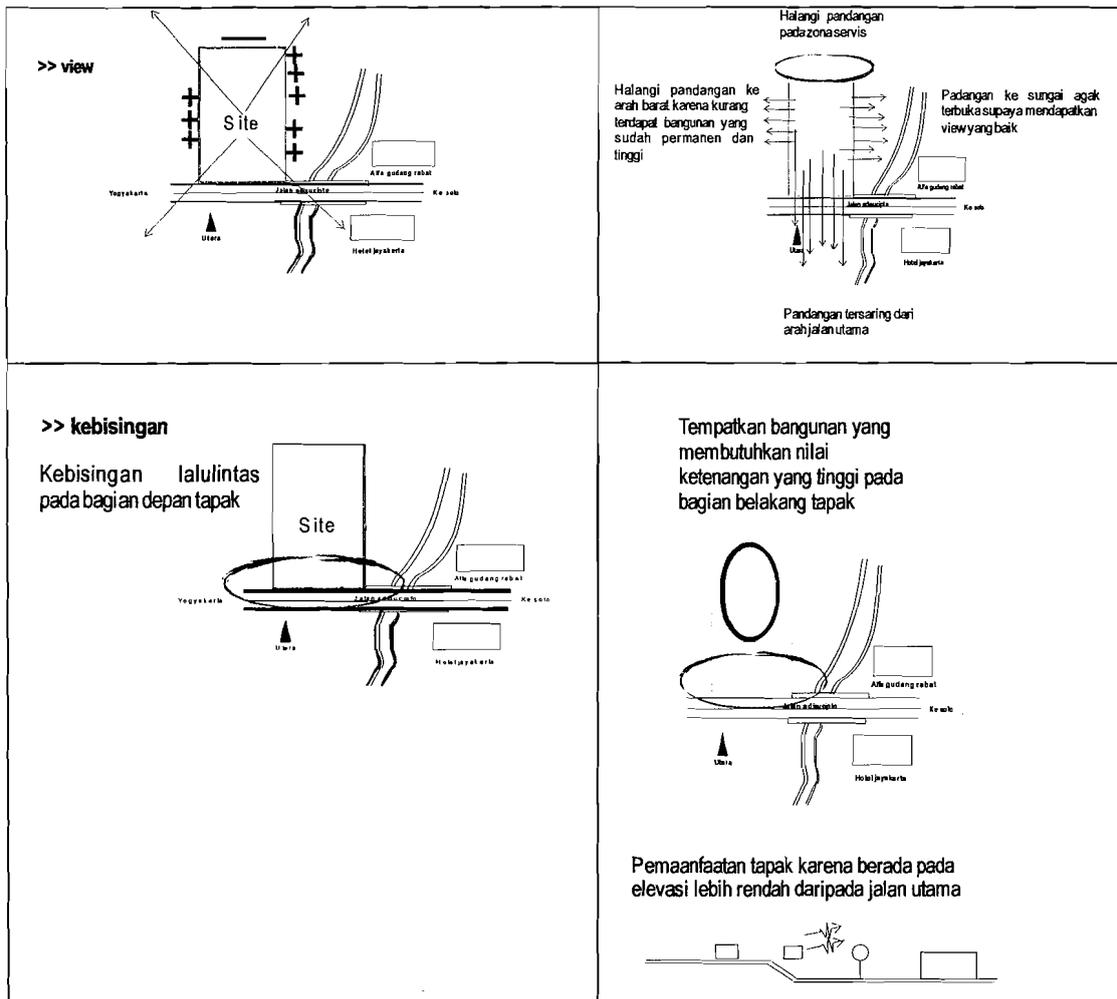
- site berada di pinggir jalan utama < jalan adisucipto >
- site berada di kawasan komersial
- sering di lalui oleh klub - klub sepeda motor
- mudah di jangkau
- banyak di lewati oleh angkutan perkotaan



SITE TERPILIH

II,14 ANALISA SITE

ANALISA	SOLUSI
<p>Analisis site >> LINGKUNGAN</p> 	 <p>Bangunan utama di letakkan pada bagian belakang site karena di tempatkan sebagai zona fasilitas yang tinggi</p> <p>Pemanfaatan zona green belt sebagai sarana penyanggah dengan memanfaatkan sungai kecil</p> <p>Pengdopongan parkir pada bagian depan site</p>
<p>>> Drainase</p> 	 <p>Bangunan di tanah yang tinggi untuk mengurangi masalah drainase</p> <p>Lindungi bangunan dari pengaliran air jika terletak pada bagian rendah pada tapak</p>
<p>>> Vegetasi</p> 	 <p>Pada sisi barat di dereti pohon untuk mengurangi panas pada sore hari</p> <p>Bangunan membelakangi pohon sebagai barrier terhadap view yang kurang baik</p> <p>Pohon pada sisi timur untuk mengurangi sinar matahari pagi dan sebagai green belt sungai</p> <p>Pada sisi depan tapak di tanami pohon untuk mengurangi tekanan pemandangan pada tapak</p>

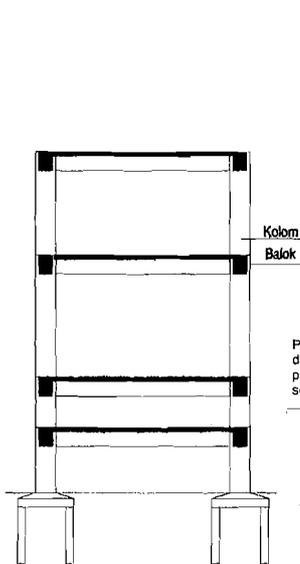
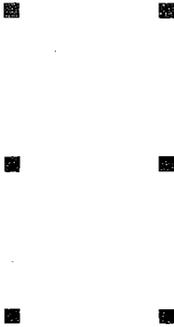


II.15 SISTEM STRUKTUR

Sistem struktur

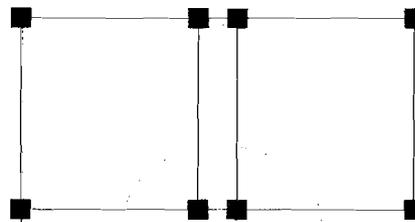
Struktur yang di rencanakan menggunakan struktur rangka dengan pertimbangan:

- Pola denah yang cenderung berbentuk grid di harapkan dapat memudahkan dalam pengerjaan serta murah dalam hal cost.
- Dengan struktur rangka sangat cocok dengan kekater site yang direncanakan karena site cenderung datar ,akan tetapi adanya leveling yang cukup ekstrim. Sangat cocok dengan menggunakan struktur rangka.
- Dalam pencarian bahan sangat mudah untuk wilayah jogjakarta dan sekitarnya.



Pada lantai dasar basement menggunakan double plat sebagai pendukung pondasi full plate,serta ruang diantara dapat digunakan sebagai saluran utilitas bangunan.

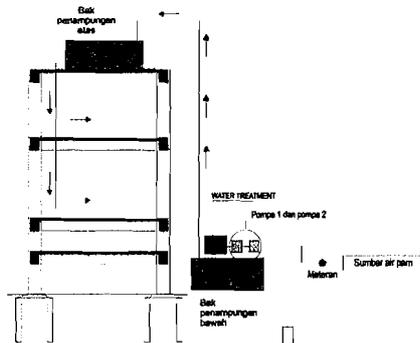
Penggunaan pondasi full plate yang di lengkapi dengan tiang pancam di harapkan dapat mengurangi momen lateral tanah.



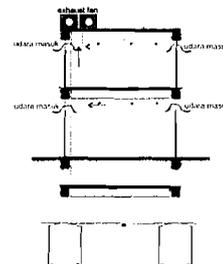
Struktur rangka dilengkapi dengan delatasi dengan jarak maksimum 30 m bentang terpanajang terdapat delatasi bangunan di harapkan mengurangi momen goyang tanah dan momen lateral tanah.

II.16 SISITEM UTILITAS BANGUNAN

Sistem utilitas bangunan



Dengan adanya fungsi bangunan yang mengeluarkan asap dari kendaraan bermotor maka dengan pertimbangan tersebut perlu adanya upaya pengendalian asap dengan membuat treatment khusus untuk pengolahan udara dalam bangunan, adapun skema pengolahan udara dalam bangunan terdapat fan penyedot dari dalam bangunan yang terikat pada atap bangunan, serta-titurne dalam bangunan dikatkan sedemikian hingga asap dapat tersedot pada pipa-pipe horisontal di dalam bangunan udara luar di masukan dalam bangunan dengan adanya palotakan jendela yang cukup untuk memsukkan udara dari luar apabila ruang-ruang yang membutuhkan sirkulasi udara yang cukup maka jendela dilengkapi dengan fan agar aliran udara dari luar cepat masuk ke dalam bangunan



Penggunaan sistem distribusi air bersih menggunakan sistem down lead dengan pertimbangan:

- dari segi cost yang lebih murah untuk jangka panjang.
- penggunaan pompa tidak menerus karena dengan gaya gravitasi maka akan mengurangi operasional cost yang diperlukan bangunan.
- kelemahan menggunakan sistem ini adalah dengan adanya beban struktur bak penampungan atas maka struktur menjadi lebih mahal, tetapi untuk biaya operasional dengan sistem ini sangat efisien dan efektif bagi bangunan

BAB III SINTESA

III.1 STUDI PERMASALAHAN

III.2 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Perkembangan sepeda motor saat ini cukup pesat, dari yang menggunakan mesin uap sampai mesin dua langkah dan empat langkah.

Komponen utama dari sebuah motor adalah:

- **MESIN / ENGINE** : komponen yang menghasilkan tenaga akibat adanya pembakaran di dalam blok silinder karena adanya percampuran antara bahan bakar dan udara.
- **RANGKA / FRAME** : komponen yang digunakan untuk menempatkan mesin.
- **FAIRING / BODY / 'TEBENG'** : pembungkus untuk menutupi rangka dan mesin yang biasanya terbuat dari bahan fiber / plastik.

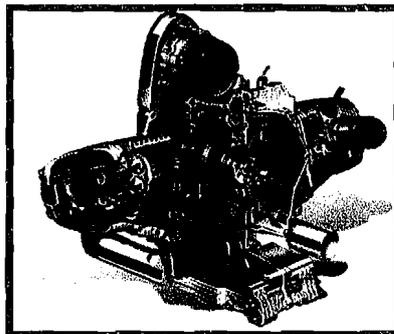
MESIN / ENGINE

Menurut cara kerjanya mesin yang beredar di pasaran ada dua macam, yaitu:

- **Mesin dua langkah / dua tak**: mesin yang membutuhkan proses dua langkah piston pada tabung silinder untuk satu gerak tenaga.
- **mesin empat langkah / empat tak** : mesin yang membutuhkan proses 4 langkah piston pada tabung silinder untuk satu gerak tenaga.

Dari segi bentuk / model yang ada mesin terbagi menjadi dua yaitu:

- mesin sepeda motor dengan posisi tegak
- mesin sepeda motor dengan posisi datar.

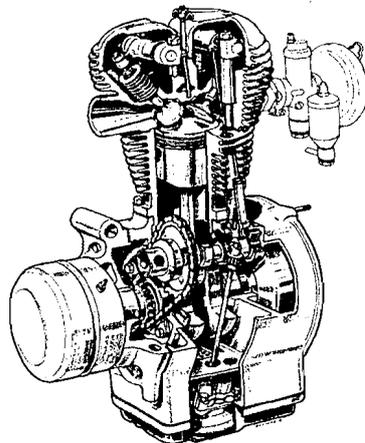


BMW_R1.jpg

http://www.ketzhum.org/BMWEnginePic/eng_1650.gif

12

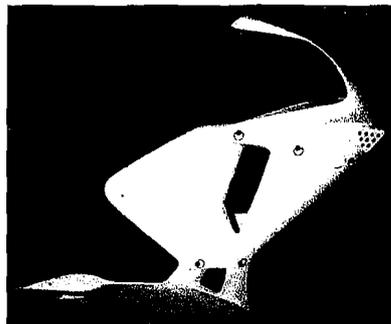
¹² John Cirak, Mengamati Motor Balap, cetakan 2, 1995



13

BODY / FAIRING / TEBENG

Perkembangan body mengalami kemajuan akibat adanya teknologi kekuatan mesin yang sangat besar maka perlu adanya fairing / body / tebeng yang mampu menahan aerodinamis pada saat sepeda motor melaju.



RANGKA / FRAME

Rangka sepeda motor saat ini ada dua jenis yaitu:

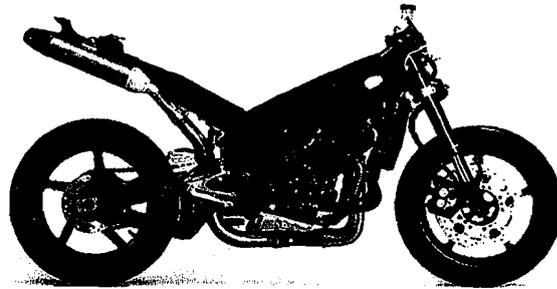
rangka tunggal / single frame adalah rangka yang posisinya terdapat satu batang tunggal yang menahan beban sepeda motor

rangka ganda double frame adalah rangka yang posisinya terdapat dua buah batang yang menahan beban sepeda motor.

¹³ John Clrak, Mengamati Motor Balap, cetakan 2, 1995

Dalam perkembangannya setiap komponen yang diuraikan diatas menjadi titik tolak konsep perancangan, sebab konsumen menitikberatkan pada tiga hal tersebut.

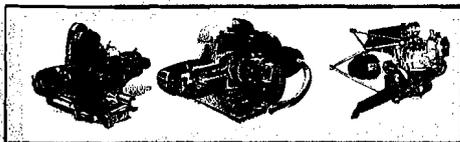
Adanya perasaan yang berbeda dari setiap konsumen maka pengaruh jual - beli dan modifikasi berbeda pula.



Dengan adanya uraian di atas maka kebutuhan akan sarana yang dapat di manfaatkan oleh pengguna maupun pengelola yang secara tidak langsung selalu berhubungan dengan ketiga koponen utama di atas. Adapun permasalahan yang nantinya akan timbul dapat di di kurangi dengan mengangkat transformasi dari ketiga komponen tersebut pada bangunan.

III.3 KONSEP BENTUK

Pencarian betuk dasar tata maa bangunan.

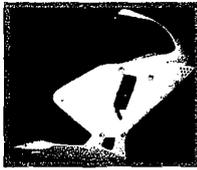


Karakter yang di ambil dari mesin sepeda motor yang menjadi salah satu komponen yang terpenting dari sebuah sepeda motor adalah:

- pada dasarnya bentuk mesin sepeda motor adalah kubus.
- mesin sepeda motor adanya bentukan *lengkung* akibat dari kebutuhan *fungsi*onal yang meyebab kan bentuk dasar mengalami perubahan.

14

¹⁴ John Clrak, Mengamati Motor Balap, cetakan 2, 1995

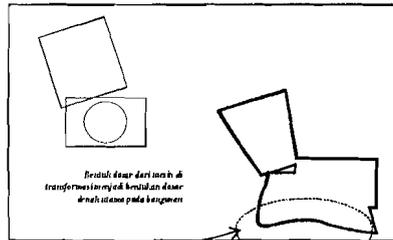
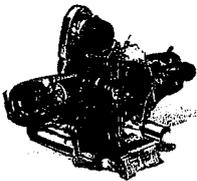


Secara prinsip bentuk fairing sepeda motor dirancang agar motor dapat bergerak dengan gesit karena hambatan yang di sebabkan oleh angin. Sehingga bentuk fairing sangat aerodinamis dengan banyak bentuk lekung.

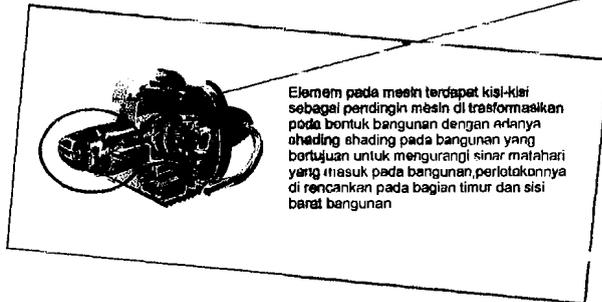


Motor memiliki kerangka besi yang berfungsi menahan seluruh bagian menjadi satu kesatuan (unity), tak terkecuali rodanya. Adapun bentuk kerangka yang ada saat ini bervariasi, tetapi pada dasarnya kerangka mempunyai peran sebagai ketahanan (streng), dan sebuah kenadran sepeda motor.

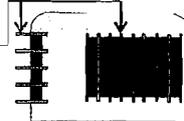
Pencarian bentuk kata mese bangunan



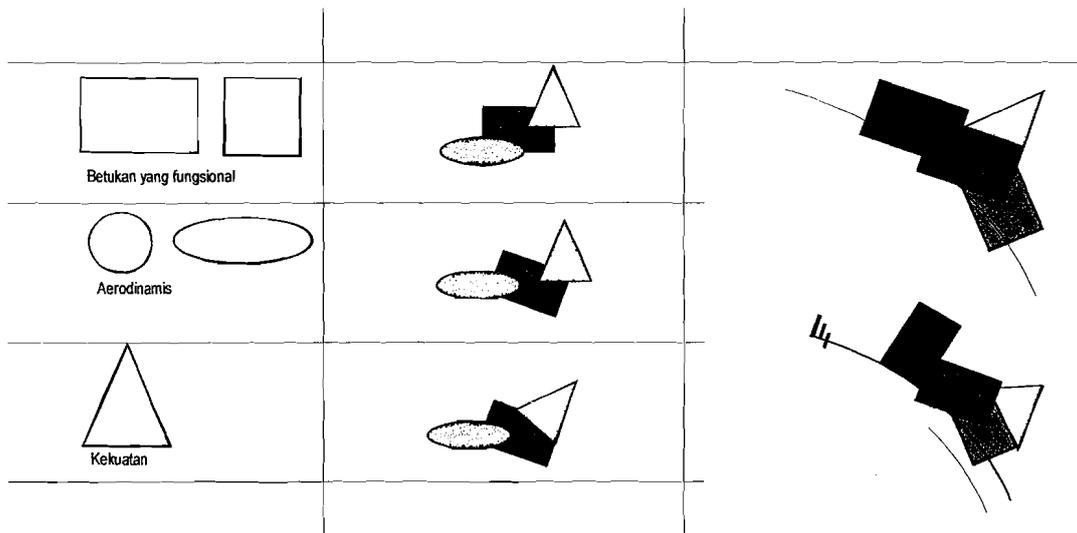
Bentuk mesin pada umumnya sangat fungsional baik dari bentuk maupun bentuk pendukung fungsi tersebut, adapun bentuk dasar dari mesin adalah bentuk kotak yang mengalami perubahan sesuai dengan karakter fungsi mesin tersebut.



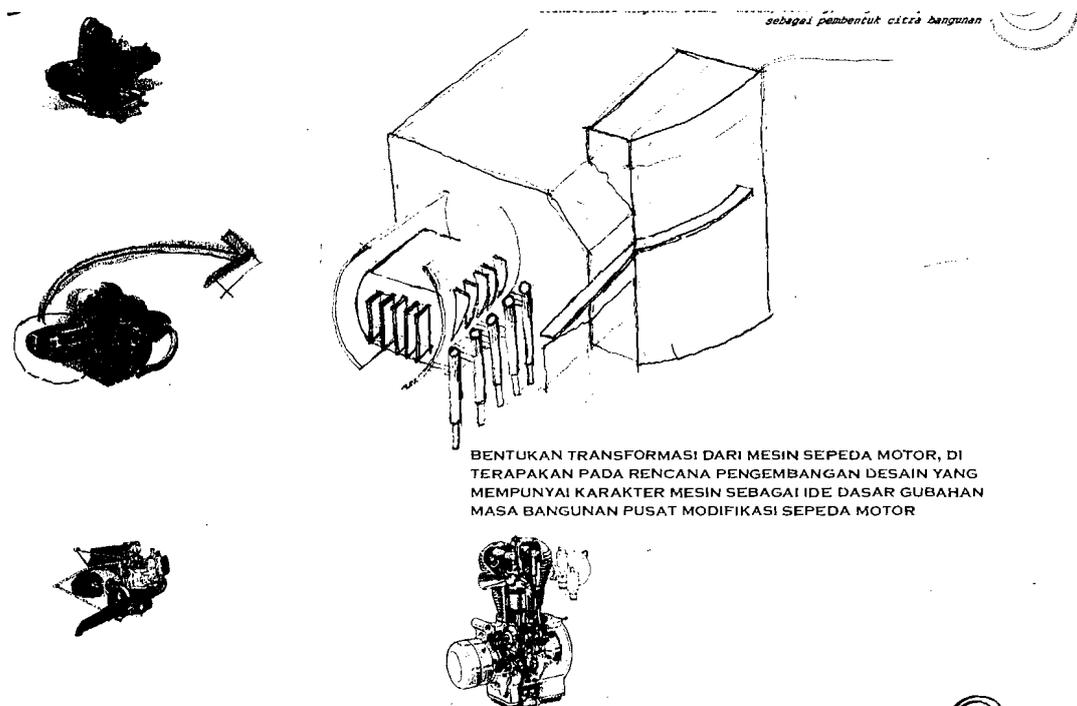
SHADING-SHADING PADA BANGUNAN TERBUKA AMBIL SARI PENYEDIRAN SEPEDA MOTOR



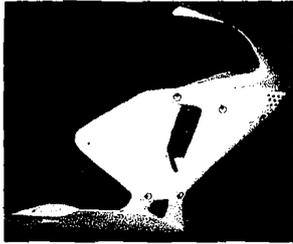
Karakter bentukan yang dapat di ambil dari komponen di atas adalah:



Plotting konsep transformasi pada bangunan



Transformasi komponen fairing pada bangunan



Daribeberapa pengamatan berbagi fairing sepeda motor mempunyai karakter bentuk lengkung, aerodinamis, sehingga mempercepat laju motor saat di kendarai.

Bentuk aerodinamis dari fairing sepeda motor di transformasikan pada pengembangan desain dengan menciptakan bentuk yang aerodinamis dengan bentuk lengkung sehingga masa bangunan tidak teraku kaku,



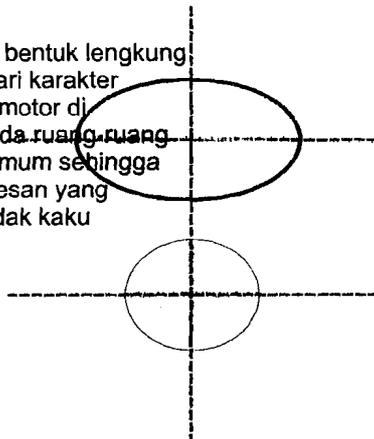
Adapun bentuk yang diambil dari tranformasi fairing sepeda motor adalah:



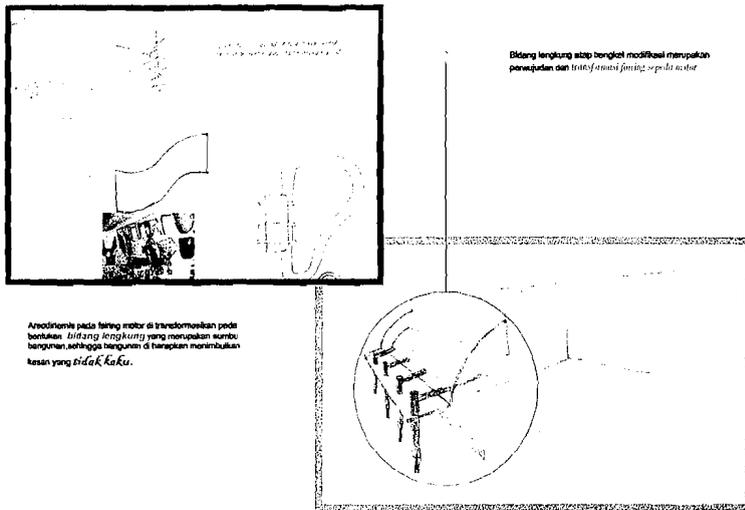
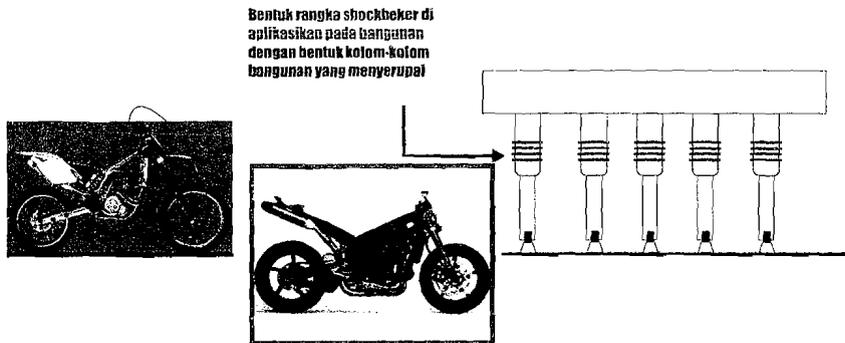
BIDANG LENGKUNG YANG DIRENCANAKAN PADA PENGEMBANGAN DESAIN SEBAGAI **AXIS** BANGUNAN SEHINGGA BANGUNAN DI HARAPKAN TIDAK MENIMBULKAN KESAN KAKU



Ruang dengan bentuk lengkung yang diambil dari karakter fairing sepeda motor di rencanakan pada ruang-ruang yang bersifat umum sehingga menciptakan kesan yang fleksibel dan tidak kaku



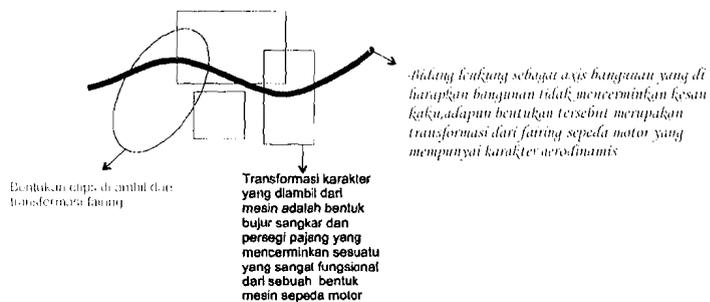
Tranformasi komponen shockbeker sepeda motor pada bangunan

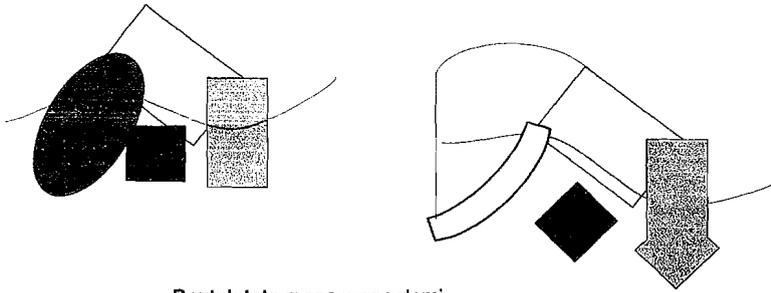


Penemuan bentuk bangunan

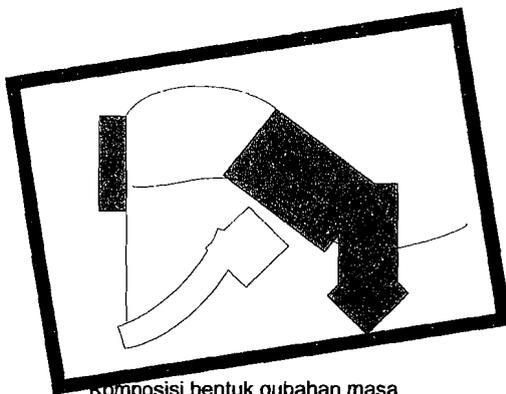
1. Penemuan bentuk dasar bangunan

PENCARIAN BENTUK GUBAHAN MASA

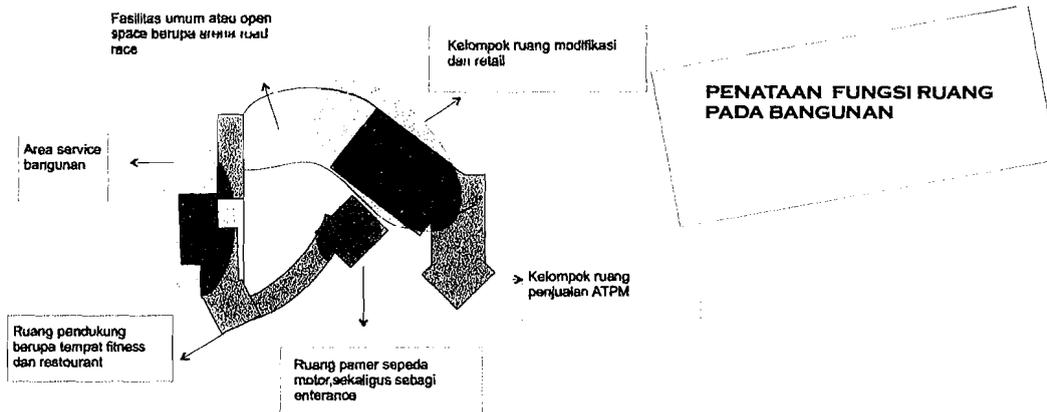




Bentuk tata masa mengalami perubahan baik dari perletakan maupun komposisi yang di harapkan memberikan kesan yang kreatif pada pengembangan desain



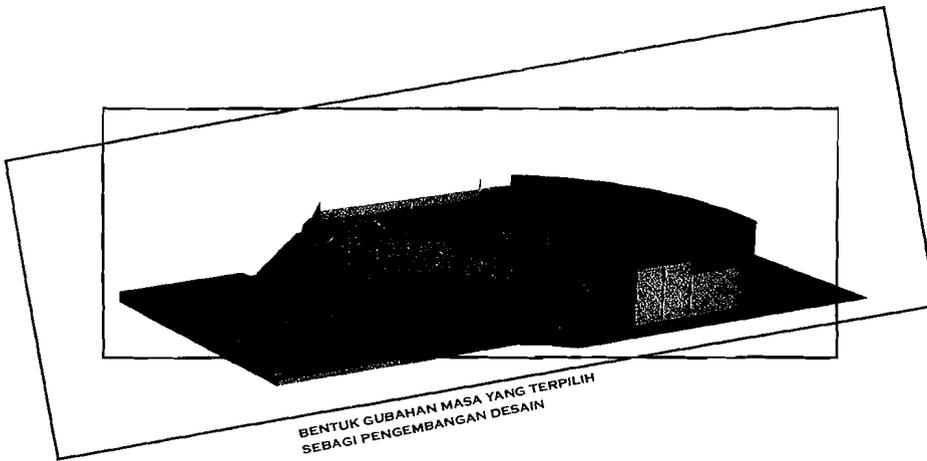
Komposisi bentuk gubahan masa di satukan sehingga menjadi bentukan dasar dari denah pusat modifikasi sepeda motor



Alternatif gubahan masa bangunan

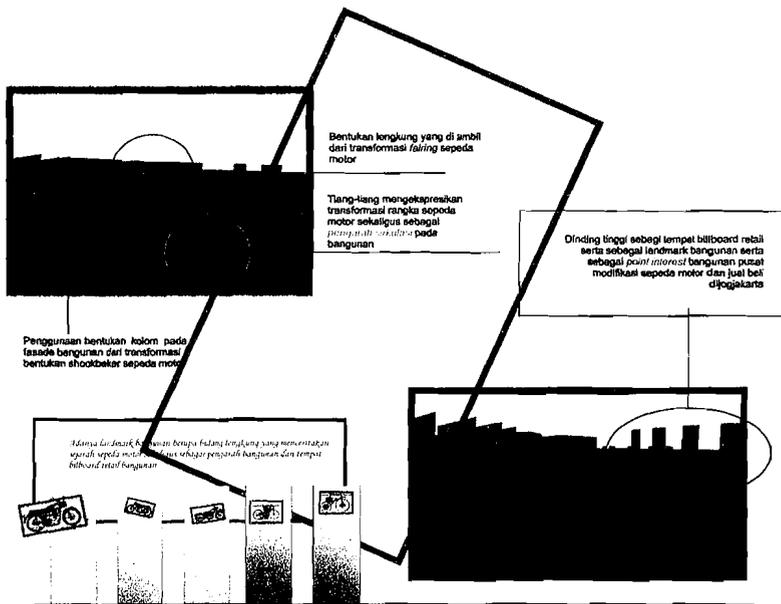


Alternatif bentuk tata masa yang di padukan dengan hasil analisa transformasi komponen utama sepeda motor,

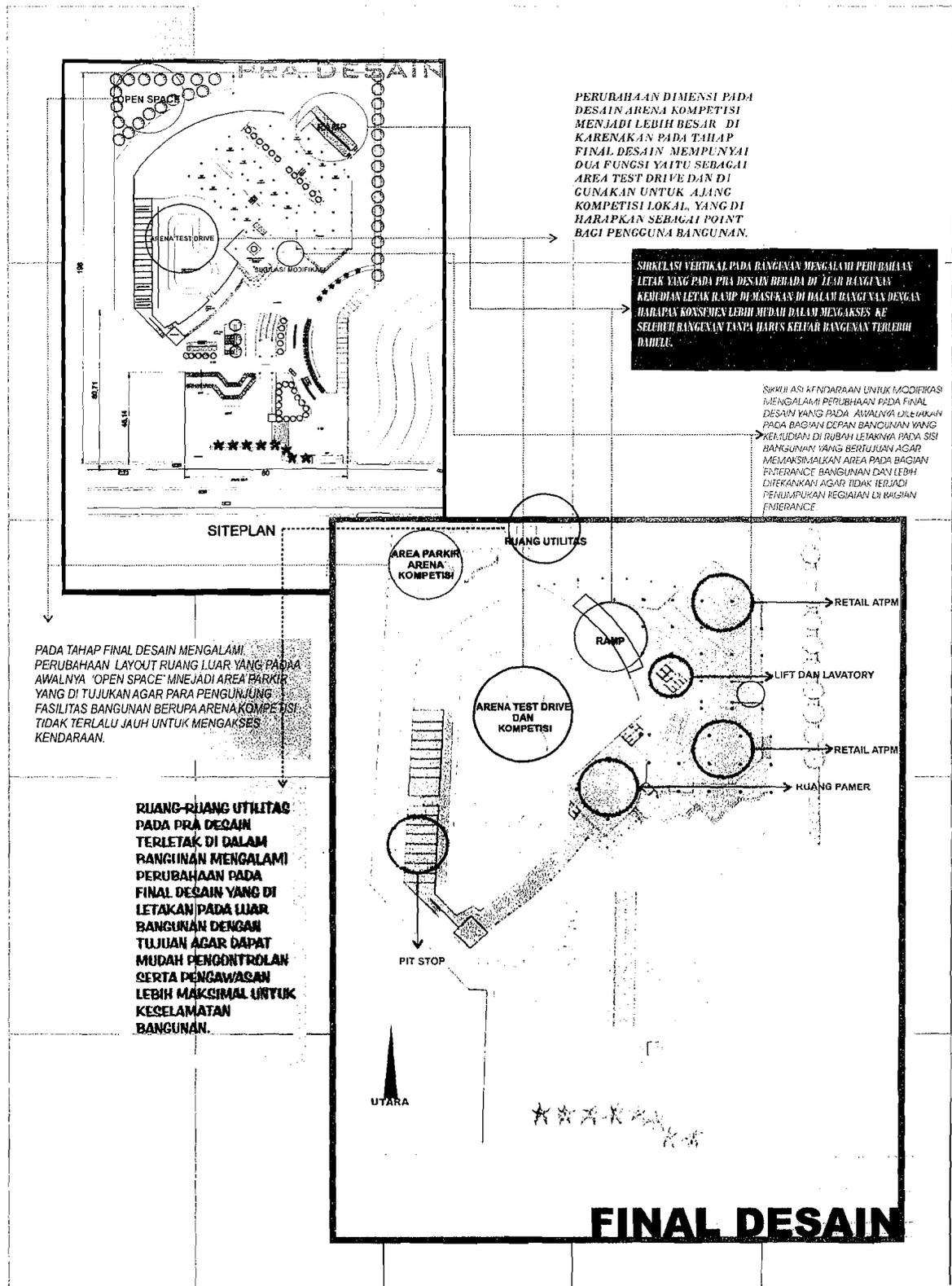


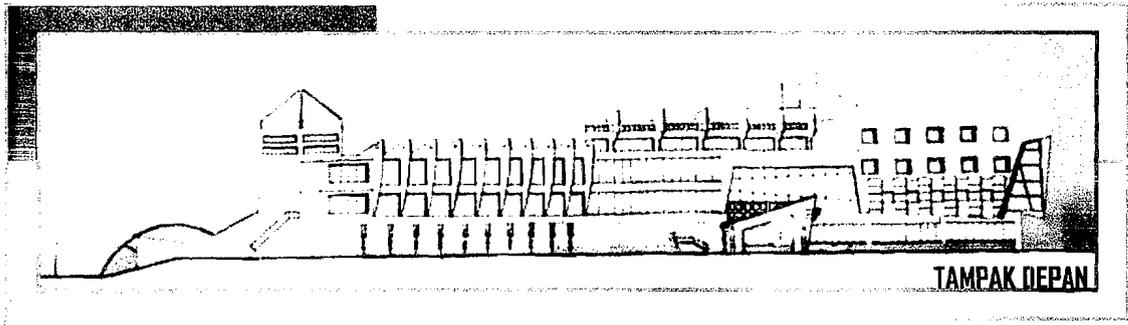
BENTUK GUBAHAN MASA YANG TERPILIH SEBAGI PENGEMBANGAN DESAIN

Landmark bangunan



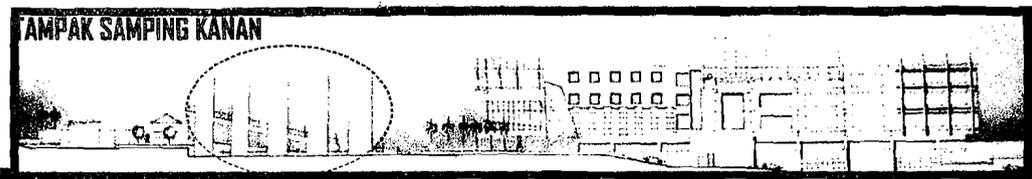
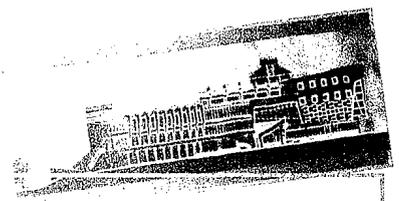
BAB IV DESIGN DEVELOPMENT



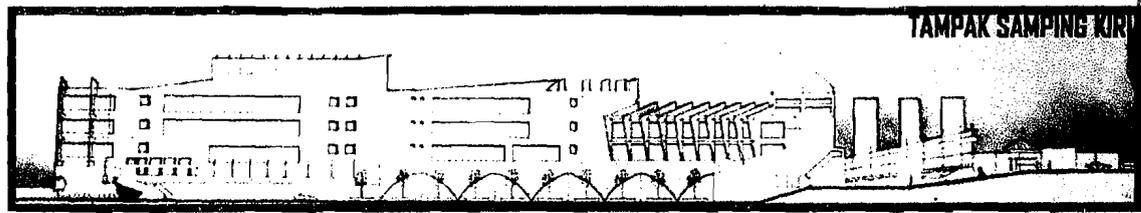
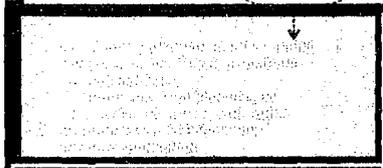


TAMPAK DEPAN

TAMPAK MEMPUNYAI KONSEP DINAMIS SEBAGAI
UNGKAPAN TRANSFORMASI FAIRING SEPEDA MOTOR.
PROMOTIF DI KARENAKAN BANGUNAN DENGAN FUNGSI
KOMERSIAL



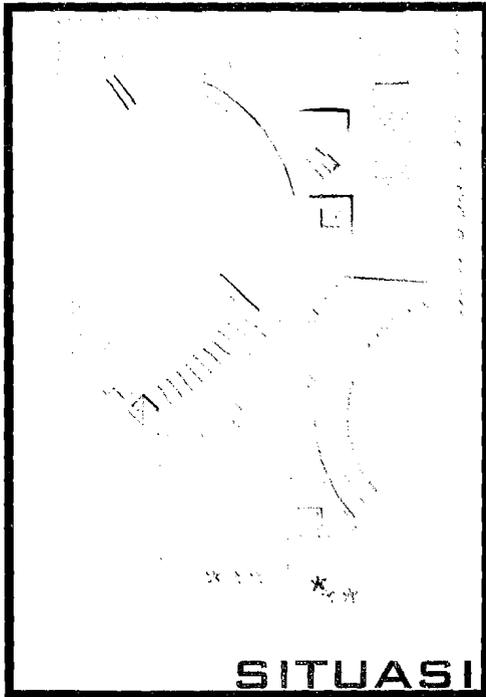
TAMPAK SAMPING KANAN



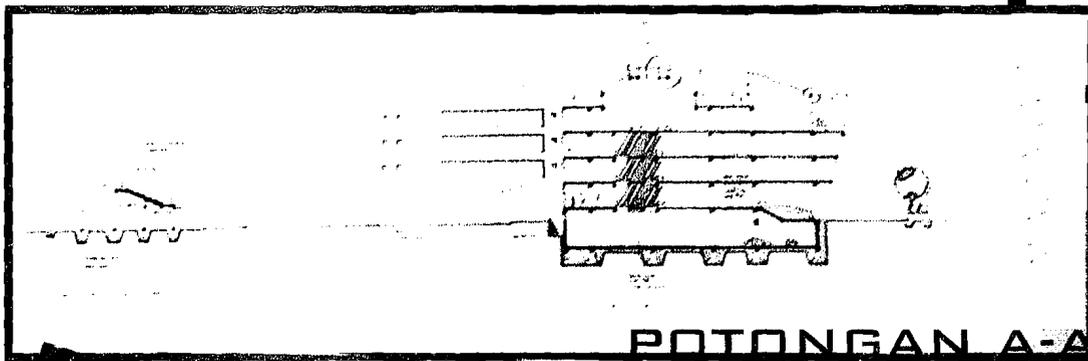
TAMPAK SAMPING KIRI

GARIS HORIZONTAL DAN VERTIKAL MENJADI
DASAR DALAM PENAMPILAN FASADE YANG DI
KOMPOSISIKAN DENGAN GARIS LENGKUNG [
DINAMIS] DI HARAPKAN BANGUNAN MENJADI
TIDAK KAKU SERTA MENJADI LEBIH
KOMUNIKATIF

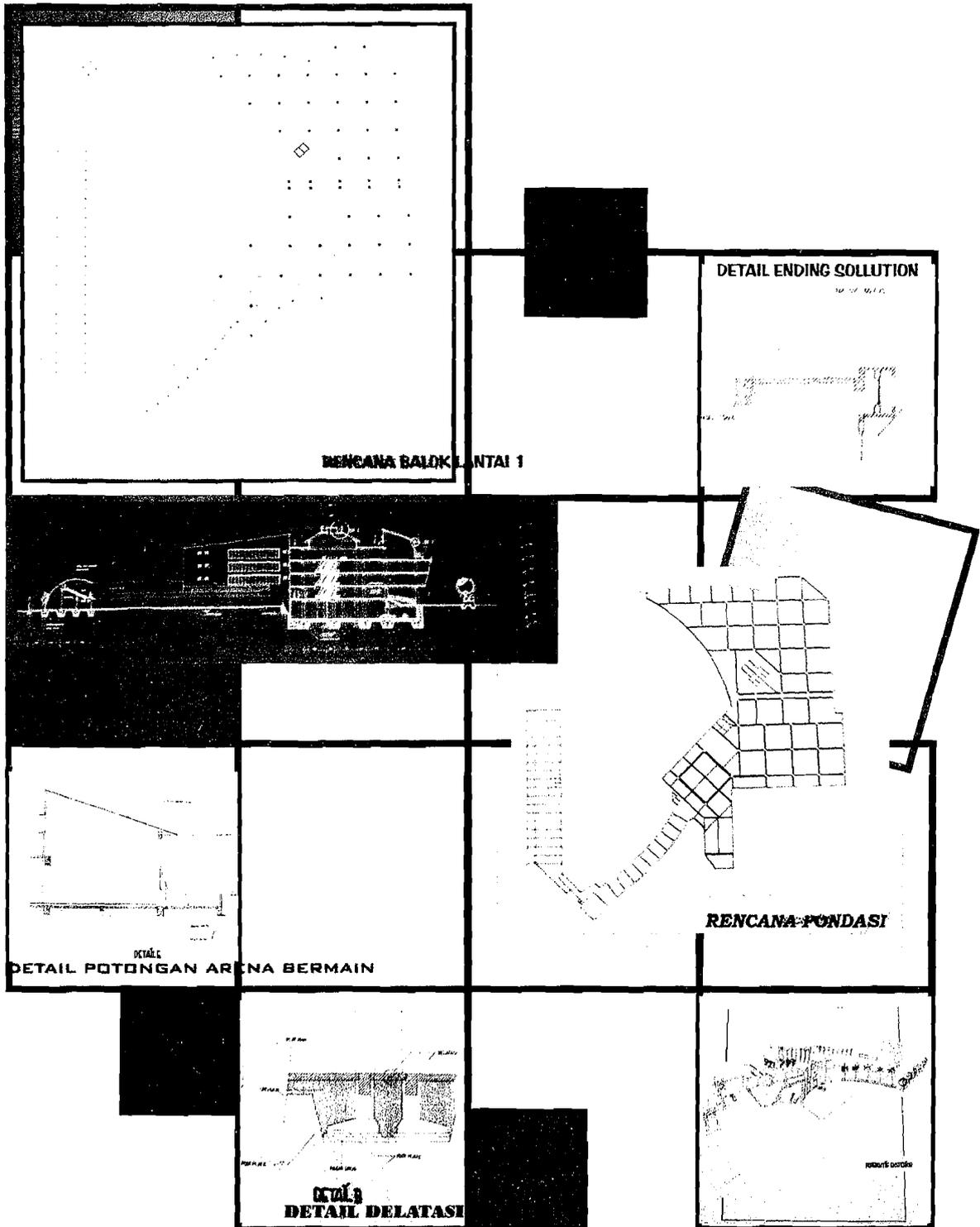


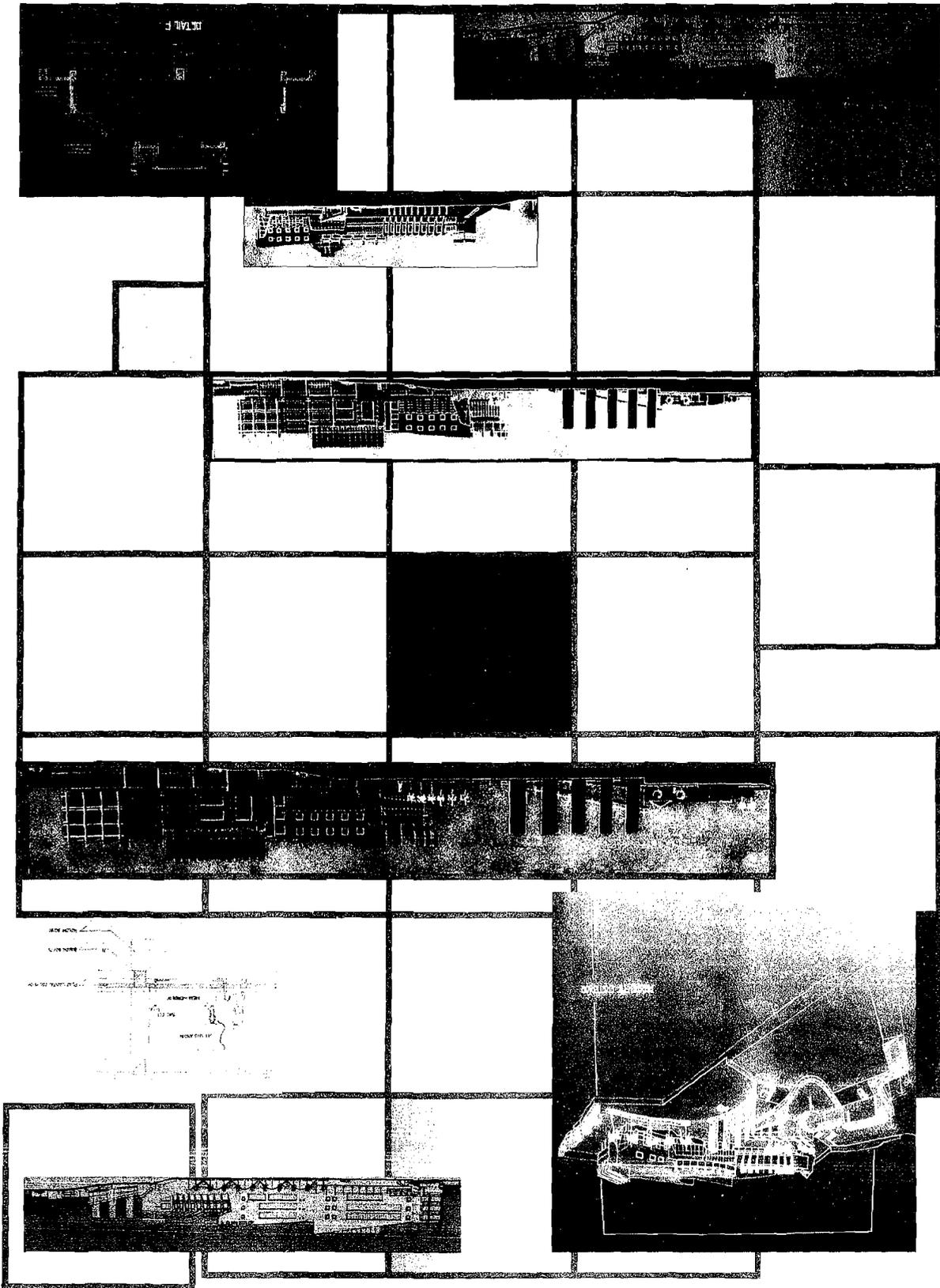


KOMPOSISI BENTUK SEBAGAI UNGKAPAN TRANSFORMASI
KOMPONEN-KOMPONEN SEPEDA MOTOR YANG DIHARAPKAN
MENBERIKAN KESAN DINAMIS, FUNGSIONAL, UNITY, SERTA
MEMBERIKAN NILAI KOMERSIL PADA BANGUNAN PUSAT
MODIFIKASI DAN JUAL BELI SEPEDA MOTOR DI JOGJAKARTA



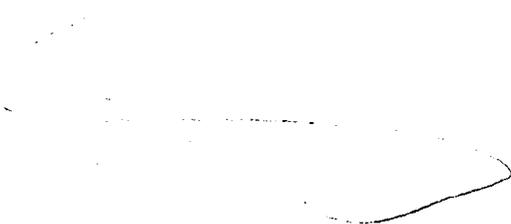
POTONGAN B-B





DARTAR PUSTAKA

- Asmayani Kusri [Arsitektur, *GATRA*, Edisi 11 Beredar Jumat 23 Januari 2004]
- Contemporary Japanese architect, taschen
- DK Ching, 1999, *Bentuk, Ruang , dan Susunannya*, Erlangga.
- John Cirak, 1995, *Mengamati Motor Balap*, cetakan 2, Taman Gahara
- Kamus Besar Bahasa Indonesia, halaman 662 Edisi kedua Balai Pustaka
- Motor Plus 130/III/Sabtu 25 Agustus 2001
- www.GreatBuildings.com/buildings/Tokyo_International_Forum.html, © 1994-2004 Kevin Matthews and Artifice, Inc. All Rights Reserved.
- www.ilmea.dprin.go.id/ujipublik/pers.doc
- www.kompas.com/kompas-cetak/0108/28/ekonomi/pasa30.htm >Selasa, 28 Agustus 2001
- www.kompas.com/.../0108/28/ekonomi/pasa30.htm/Selasa, 28 Agustus 2001



841

TA/TL/2007/0189

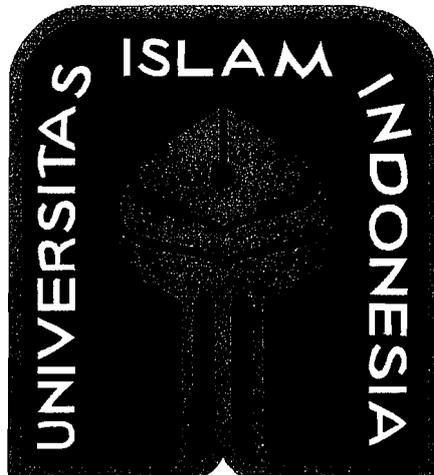
PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	2 Juni 2007
NO. JUDUL :	002465
NO. INV. :	8120002465001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

**TINGKAT PENYERAPAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS
LINGKUNGAN UII DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS*
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes*)**

R
6/8. 4
Fap
f
1

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Ujian Sarjana
Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

xx, 26: tgl: bany. 28

Oleh:

RIA FAPRIYANIE

02 513 069

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

- Air high. level
- 1 cadet kursuman Botas
(Cr Total)
- pengalok. limbah
- metode Constructed
wetlands
- Maatso tanaman Eceng
Gondok
- paku

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**TINGKAT PENYERAPAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS
LINGKUNGAN UII DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS*
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes*)**



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

IR. H. KASAM, MT

Dosen Pembimbing I

EKO SISWOYO, ST

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 6-5-2007


Tanggal : 6-5-2007

MOTTO

"Hanya dengan doa dan Usaha semuanya dapat dicapai"

"Tak Ada yang mudah, Tapi Tak Ada yang Tak Mungkin Jika kamu mau Berusaha."

" Allah Tidak Akan membebani Seseorang kecuali
sepadan dengan kemampuannya."

(Q.S: Al-Baqarah 286)

"Sungguh Bersama Kesukaran Pasti Ada kemudahan,
Dan Bersama Kesukaran Pasti Ada Kemudahan,
Bila Selesai Suatu Tugas,
Mulailah Tugas Yang Lain Dengan Sungguh-Sungguh,
Hanya Kepada Tuhanmu Hendaknya Kamu Berharap".

(Q.S Asy-Syarah : 5-8)

Terima Kasih Untuk Segala Bentuk Cinta, Kasih
Sayang, Perhatian, Pengertian, Doa Dan Dukungan
Yang Membuatku Berada Di sini Sampai Hari Ini

Papa dan Mama

Keluargaku

Karya Sederhana Ini Dapat terselesaikan

Cinta Dan Kasih Sayang-Nya

Segala Puji Bagi Allah S.W.T, Atas Rahmat-Nya,

Allah S.W.T.

Persembahan

KATA PENGANTAR



Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA, sehingga penulisan tugas akhir dengan judul “ **Tingkat Penyerapan Cr Total Dari Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII Dengan *Constructed Wetlands* Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)** ” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dapat menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Disadari bahwa selama pelaksanaan Tugas akhir di lapangan dan di laboratorium sampai selesainya laporan ini banyak pengarahan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah memberikan kesempatan, bimbingan dan pengarahan kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah memberikan masukan dan kesabaran hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Andik Yulianto, ST, Bapak Hudori ST , Ibu Ani Yulia, ST, MSc, Ibu Yureana Wijayanti, ST, Meng, Mas Agus dan seluruh Dosen yang mengajar di Jurusan Teknik Lingkungan, Terima kasih atas ilmunya selama ini.
6. Mas Iwan, terima kasih atas kerjasamanya selama saya di laboratorium.
7. Ibu Rusdiana dan staf BPKL, terima kasih atas semua pelayanan dalam menganalisis hasil penelitian.
8. Dengan sepenuh hati, cinta dan sayang Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada Mama dan Papa atas dorongan, semangat, dukungan, nasehat, pengertian, kasih sayang dan cinta yang tiada pernah henti serta do'a untuk kebaikan dan keberhasilanku.....
9. Keluarga besar, Non Mitha & mas yongki makasi ya atas dorongan, semangat, dukungan, nasehat, pengertian, kasih sayang dan cinta yang tiada pernah henti.
10. Sahabat-sahabatku Deny, Ela, Lia makasi buat dukungannya.
11. Cemara7 (egi, uci, dian, maya, mirna, reni) makasi buat persahabatan yang dah kita jalani.

12. Makasi buat Uni, Dika, Linda buat dukungannya, kalian keluargaku di jogja smoga kita ndak ngelupain satu sama lain!!!!
13. Anak-anak Kr Santri : Tyazzzzzz (yang banyak tak repotin makasi ya), Nadia&Eci (makasi dah mau bantu translate), inaz, iiq, mini, jojo, qori, pinky, mas agus, om abib, mba jum makasi ya.....
14. Teman-teman ngelab mas Adi, mas Fahri, mas Ponda, bang Dudi, mba Nana, K pay, dengan adanya kalian buat suasana ngelab jadi ndak ngebosenin.
15. Buat Om Ari (makasi ya.... sorry lho dah tak repotin slama ria di jogja), iwan Gugux (makasi buat smua bantuannya, jangan lupa dek na di bawa ke lombok), mamiq dudi, Om ady, Om Dedy, niniq uyun makasi ya dukungannya....
16. Buat Lia, Linda, mama vita, papa acoeng, dina, reni ari, dyah, rintis, tuty, neva, tio, arum, eno, rino, bang blew, bang lay, mas mamiq (maaf ya seminar proposal....!), tegi, ucup, heru, wely, ryan, bang anto, bang boby, bang kho, bang edo, bang modo, mas indras, andiiii (makasi buat bantuannya), makasi buat smuanya yang dah bantuin dalam pekerjaan skripsi ini.
17. Mba Ucrit makasi ya selalu ingetin dan bantuin ria dalam segala hal, maaf ya kalo slama ini ria buat ucrit marah.....
18. For my special one, makasi buat cinta, perhatian, dan dukungannya....
19. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan keterbatasan kemampuan penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Teknik Lingkungan pada khususnya.

Yogyakarta, April 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTARLAMPIRAN.....	xviii
INTISARI.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	5
2.2 Mekanisme Sistem Pengolahan <i>Wetlands</i>	6
2.3 Fitoremediasi.....	13
2.4 Tanaman Eceng Gondok.....	15
2.4.1 Klasifikasi Eceng Gondok.....	15
2.4.2 Ciri-ciri Fisiologi Eceng Gondok.....	20
2.4.3 Manfaat Eceng Gondok.....	22
2.4.4 Kerugian Eceng Gondok.....	23
2.5 Logam dan Logam Berat.....	23
2.5.1 Logam.....	23
2.5.2 Logam Berat.....	26
2.5.3 Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan.....	28
2.5.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok.....	29
2.5.5 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok Pada Limbah Dengan Organik Tinggi Dan Dengan Organik Rendah.....	31
2.6 Cr Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	32
2.6.1 Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	34
2.6.2 Kegunaan Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	36
2.6.3 Keracunan Khromium (Cr).....	37

2.6.4	Prinsip Analisis Logam Khromium.....	39
2.7	Toksisitas Logam Pada Tanaman Eceng Gondok.....	40
2.8	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	42
2.9	Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>), Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forks</i>) dan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>).....	43
2.10	Hipotesis.....	47
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		48
3.1	Diagram Alir Metode Penelitian.....	48
3.2	Lokasi Penelitian.....	49
3.3	Waktu Penelitian.....	49
3.4	Parameter Penelitian.....	49
3.5	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	50
3.6.	Metode Pelaksanaan Penelitian.....	52
3.6.1	Kualitas Air Limbaah.....	52
3.6.2	Tanaman Eceng Gondok.....	53
3.6.3	Desain Sampling.....	53
3.6.4	Pengambilan Sampling.....	54
3.6.5	Spektrofotometer Serapan Atom.....	55
3.7	Metode Analisa Laboratorium.....	56

3.8	Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah.....	56
3.9	Metode Analisis Data	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		58
4.1	Hasil Penelitian.....	58
4.1.1	Konsentrasi Awal logam Cr Total dalam Limbah Cair laboratorium Kualitas Lingkungan dan Tanaman Eceng Gondok.....	58
4.1.2	Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Limbah Cair Laboratorium Setelah Perlakuan.....	60
4.2	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	65
4.2.1	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Akar Eceng Gondok.....	66
4.2.2	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok.....	68
4.2.3	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	69
4.2.4	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok Dengan Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	72

4.3	Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	74
4.4	Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	76
4.5	Uji Statistik Parameter.....	79
4.5.1	Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	79
4.5.2	Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		82
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		84
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1. Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands</i> Type FWS.....	8
Tabel 2.2 Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium	33
Tabel 3.1 Persamaan Reaktor Awal	51
Tabel 3.2 Variasi Konsentrasi Limbah Cair.....	53
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total	59
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Eceng Gondok	59
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	60
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	62
Tabel 4.5 Konsentrasi Cr Total pada Tanaman Eceng Gondok.....	64
Tabel 4.6 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	66
Tabel 4.7 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok	66
Tabel 4.8 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	68

Tabel 4.9 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	68
Tabel 4.10 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	69
Tabel 4.11 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	70
Tabel 4.12 Hasil Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Dan Daun Tanaman Eceng Gondok di Hari Ke-12.....	71
Tabel 4.13 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Limbah.....	73
Tabel 4.14 Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	74
Tabel 4.15 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	76
Tabel 4.16 Hasil Penelitian pH Selama 12 Hari.....	77
Tabel 4.17 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	78
Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total	84
Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Daun dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total 1.....	86

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 <i>Constructed Wetlands</i> tipe FWS	8
Gambar 2.2 <i>Constructed Wetlands</i> tipe SSF	9
Gambar 2.3 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	12
Gambar 2.4 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i> Bertingkat.....	12
Gambar 2.5 Proses – Proses Fitoremediasi Pada Tumbuhan.....	14
Gambar 2.6 Eceng Gondok.....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	48
Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (Tanpa Skala)	51
Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (Tanpa Skala)	52
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Akar Tanaman Eceng Gondok	61
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Pencyrapan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	63
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Tanaman Eceng Gondok	65

Gambar 4.4	Grafik tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	67
Gambar 4.5	Grafik tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	69
Gambar 4.6	Grafik tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	70
Gambar 4.7	Grafik Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Hasil Analisis logam Cr Total

LAMPIRAN B

Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

LAMPIRAN C

Dokumentasi Reaktor Penelitian

LAMPIRAN D

Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol Selama 12 Hari

LAMPIRAN E

Analisis Statistik

LAMPIRAN F

Contoh Hasil Perhitungan Konversi Cr Total

LAMPIRAN G

Baku Mutu

LAMPIRAN H

Analisis metode AAS

**TINGKAT PENYERAPAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII
DENGAN CONSTRUCTED WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN
ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*)**

Eko Siswoyo¹⁾, Kasam²⁾, Ria Fapriyanie³⁾

INTISARI

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari aktifitas praktikum pada laboratorium kualitas lingkungan yaitu pencemaran pada badan air baik sungai, danau maupun badan air lainnya bahkan air tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan dengan sistem Constructed Wetlands dengan menggunakan tanaman eceng gondok sebagai media penyerap konsentrasi Cr total. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap kandungan Cr total dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dan untuk mengetahui apakah limbah laboratorium kualitas lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*).

Dalam penelitian ini digunakan reaktor terbuat dari kayu yang dilapisi dengan plastik dengan ukuran 0,5 m x 1,0 m. setiap reaktor diberi media tanah 5 cm, dan diberi tanaman sebanyak 13 buah. Reaktor tersebut diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah yang bervariasi (100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%), dan waktu pengambilan sampel (0, 3, 6, 9, 12 hari). Pengujian penelitian Cr total dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom)

Karakteristik limbah pada hari ke-12 telah mengalami perubahan sehingga tanaman mampu menyerap Cr total lebih optimal, maka hasil yang didapat dalam penelitian ini diketahui bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap kandungan Cr total pada konsentrasi 100% sebesar 0.0122 mg/L (dari 0.4077 mg/L menjadi 0.4199 mg/L), konsentrasi 75% 0.0135 mg/L (dari 0.4239 mg/L menjadi 0.4374 mg/L), konsentrasi 50% sebesar 0.0149 mg/L (dari 0.3861 mg/L menjadi 0.401 mg/L), konsentrasi 25% sebesar 0.0094 mg/L (dari 0.374 mg/L menjadi 0.3834 mg/L), konsentrasi 0% sebesar 0.0067 mg/L (dari 0.3578 mg/L menjadi 0.3645 mg/L).

Kata kunci : *Constructed Wetlands, Cr total, Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan.*

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

ABSORPTION RATE OF CHROMIUM TOTAL (Cr Total) FROM THE LIQUID WASTE OF ENVIRONMENTAL QUALITY LABORATORY AT THE ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA WITH CONSTRUCTED WETLANDS USING PLANTS OF WATER HYACINTH (*Eichornia crassipes*)

*Eko Siswoyo*¹), *Kasam*²), *Ria Fapriyanie*³)

ABSTRACT

*One of the environmental problems generated from practical jobs at an environmental quality laboratory is pollution on water bodies such as rivers, lakes and other water bodies, even the land water. In the present study it was done a processing with a Constructed Wetlands system by using water hyacinths as an absorbed media to any concentration of total CR. Aims of the study were to know what big of absorbed capacity done by the plants of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) to compounds of total Cr in the liquid waste in the environmental quality laboratory and to know if the wastes of environmental quality laboratory will affect the growth of the plants of water hyacinth (*Eichornia crassipes*).*

The present study used reactors made of woods layered by plastics in a measurement 0,5 m xx 1,0 m. Each reactor was given land media 5 cm, and it was given 13 plants. Those reactors were given treatment with varied waste concentrations (100%, 75%, 50%, 25%, and 0%). Testing for results of total CR used an SSA (Atomic Absorption Spectrophotometry) method.

Characteristic of wastes ad the day-12 had been experienced changes so the plants were capable of absorbing total Cr more optimally. Thus results found in the study can be known that the plants of water hyacinths can absorb the compound of total Cr in the concentration of 100% as big as 0.0122 mg/L (from 0.4077 mg/L to 0.4199 mg/L), in the concentration of 75% as big as 0.0135 mg/L (from 0.4239 mg/L to 0.4374 mg/L), in the concentration of 50% as big as 0.0149 mg/L (from 0.3861 mg/L to 0.401 mg/L), in the concentration of 25% as big as 0.0094 mg/L (from 0.374 mg/L to 0.3834 mg/L), in the concentration of 0% as big as 0.0067 mg/L (from 0.3578 mg/L to 0.3645 mg/L).

*Key words: Constructed Wetlands, Total Cr, Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*), Waste of Environmental Quality Laboratory*

¹Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

³Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi. Tidak akan ada kehidupan seandainya di bumi tidak ada air. Air yang bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, keperluan industri, sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Wardhana,2001).

Dalam kegiatan laboratorium, air yang telah digunakan (air limbah laboratorium kualitas lingkungan) tidak bisa langsung dibuang ke lingkungan karena dapat menyebabkan pencemaran. Air limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu agar mempunyai kualitas yang sama dengan kualitas air lingkungan yang tidak bersifat toksik bagi organisme maupun bagi manusia yang memanfaatkannya. Secara umum sistem pengolahan limbah cair dikategorikan kedalam tiga sistem pengolahan yaitu secara fisik, kimia, dan biologi.

Constructed Wetlands merupakan salah satu alternatif pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima. Pengolahan limbah dengan *Constructed Wetlands* memanfaatkan mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam areal tersebut. Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimia dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis,

pengoksida dan *plan uptake* (Metcalf & Eddy, 1993). Dalam beberapa hal sistem ini menguntungkan karena biayanya murah, sederhana, dan memiliki kemampuan proses meminimalisasi limbah yang tinggi.

Ada tiga fungsi dasar dari *wetlands* yang menjadikan sistem pengolahan limbah cair dari ini sangat potensial, yaitu :

- a. Secara fisik mampu menahan atau menangkap kandungan kandungan polutan yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.
- b. Memanfaatkan (*Utilization*) dan sebagai *transformation* dari berbagai macam jenis mikroorganisme.
- c. Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang sangat rendah dan mudah untuk menghasilkan pengolahan yang baik.

Pada penelitian ini tanaman air yang digunakan untuk menyerap logam berat adalah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*). Eceng gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan oleh Kalrvon Mortius pada tahun 1824 di sungai Amazon, Brazilia karena kecepatan pertumbuhan eceng gondok yang tinggi tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Pemanfaatan eceng gondok untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar relatif murah dan sederhana. Khususnya terhadap limbah domestik dan industri. Eceng gondok memiliki kemampuan menyerap zat tercemar yang tinggi dari pada jenis tumbuhan lainnya (Falan, 2004 dalam Imam, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari laboratorium kualitas lingkungan tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Seberapa besar kapasitas serapan eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap kandungan Cr total pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan?
- b. Apakah limbah cair laboratorium kualitas lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengolahan limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan *constructed wetlands* ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap kandungan Cr total dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan.
- b. Untuk mengetahui apakah limbah cair laboratorium kualitas lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok. (*Eichornia Crassipes*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap limbah cair laboratorium kualitas lingkungan.
- b. Meminimalisasi kadar Cr total yang terkandung dalam limbah laboratorium kualitas lingkungan dengan memanfaatkan eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).
- c. Mengetahui kapasitas serapan kadar Cr total yang terdapat pada tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap limbah laboratorium kualitas lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah ditentukan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Jenis *reactor wetlands* yang digunakan adalah *Free Water Surface* (FWS).
- b. Tanaman yang digunakan berupa tanaman eceng gondok dengan berat yang sama.
- c. Bahan baku limbah berasal dari laboratorium kualitas lingkungan.
- d. Konsentrasi atau parameter limbah berupa Cr total dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
- e. Sistem pengolahan secara *batch* dengan skala laboratorium.
- f. Waktu pengujian adalah pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem *Constructed Wetlands*

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

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

Constructed Wetlands merupakan suatu jenis pengolahan yang strukturnya direncanakan. Variabel-variabel yang direncanakan meliputi debit yang mengalir, beban organiknya tertentu, kedalaman media tanah maupun air serta ada pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan.

2.2 Mekanisme Sistem Pengolahan *Wetlands*

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

1. *Solid* (padatan)

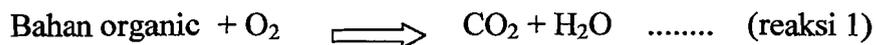
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed Wetlands* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi *solid* dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam M. Arnis Fauzi, 2006).

2. Bahan Organik

Proses pengolahan biologis dalam *Constructed Wetlands* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung

pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetlands* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam M. Arnis Fauzi, 2006).

Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



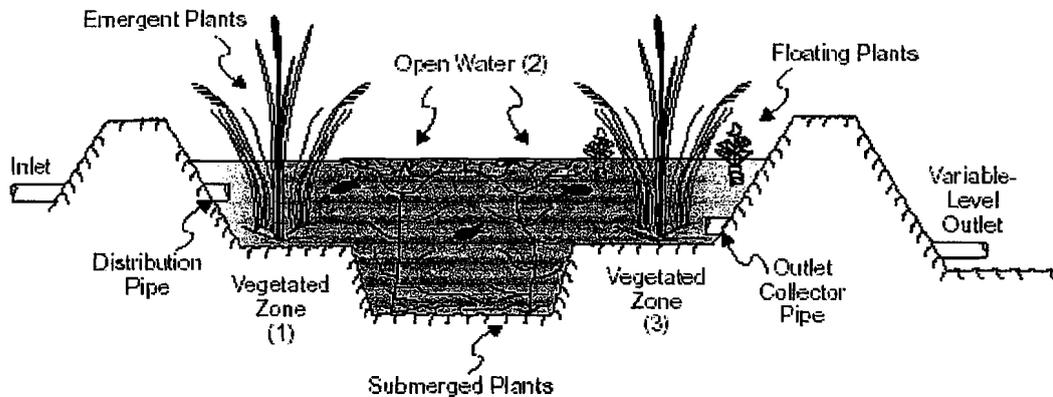
Berdasarkan definisi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Sistem ini berbentuk kolam atau saluran yang dilapisi dengan lapisan *impermeable* alami atau lapisan tanah, yang mana kandungan air pada sistem ini dangkal. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah atau keluarnya air limbah dari kolam atau saluran tersebut. Komposisi utama pada sistem *Free Water Surface* (FWS) adalah tanah sebagai substrat untuk tempat hidupnya tanaman air. Pada sistem ini biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail*, *reed*, *seadage*, dan *rush*. Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)

- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang.



Gambar 2.1 Constructed wetland tipe FWS

Dibawah ini adalah tabel kriteria desain untuk *Constructed Wetlands* Type FWS :

Table 2.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Type FWS

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

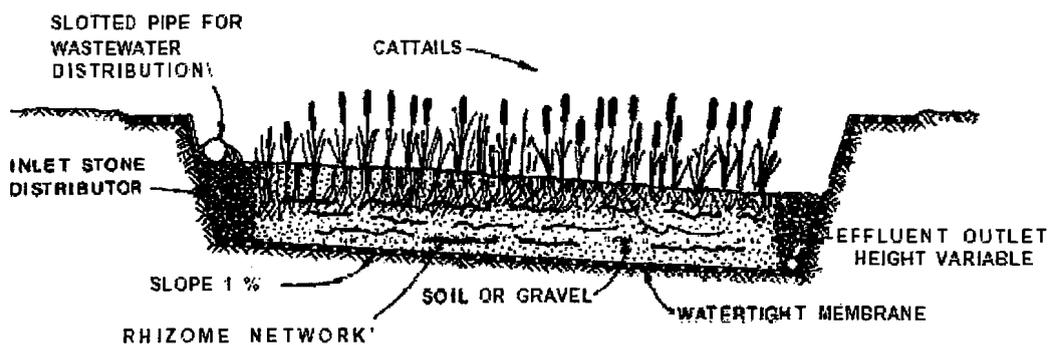
(Dal Cin, 2000)

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

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

mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

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



Gambar 2.2 *Constructed wetland tipe SSF*

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

1. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetlands* 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 Wetlands*. Jika menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis, karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Faisal, 2005).

2. Media Reaktor

Media yang digunakan pada pengolahan *Constructed Wetlands* terdiri dari : tanah, pasir, dan kerikil. Adapun fungsi dari media tanah pada sistem ini adalah :

- Sebagai tempat hidup dan tumbuhnya tanaman
- Sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisme
- Sebagai tempat terjadinya proses fisik, yaitu proses sedimentasi dalam penurunan konsentrasi *solid* air limbah.

3. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganisme *heterotropik aerobic*, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal, 1999 dalam Faisal, 2005). Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanam tanaman *cattail*. Dengan jarak yang diatur sedemikian rupa diharapkan tanaman *cattail* akan mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan mikroorganisme yang hidup dalam tanah.

4. 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 Wetlands* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20 °C – 30 °C (Wood, 1993 dalam Faisal, 2005).

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

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

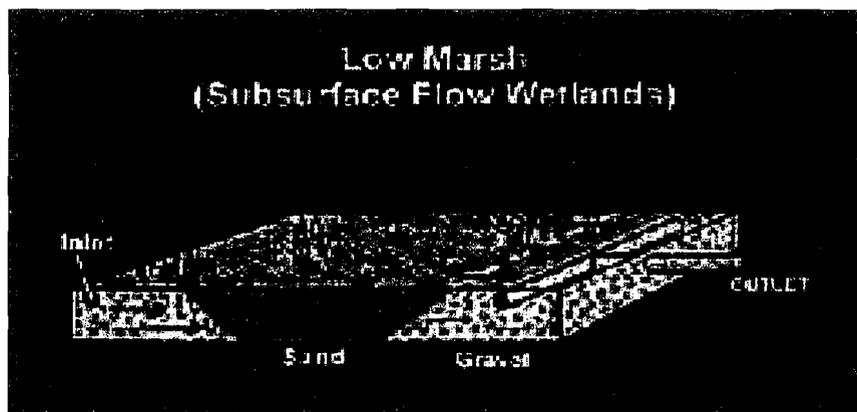
Disamping dua sistem diatas pada umumnya pengolahan limbah juga dilakukan dengan sistem *activated sludge* atau *oxidation ditch* dimana kedua sistem tersebut memerlukan perawatan khusus dan biaya yang cukup tinggi.

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

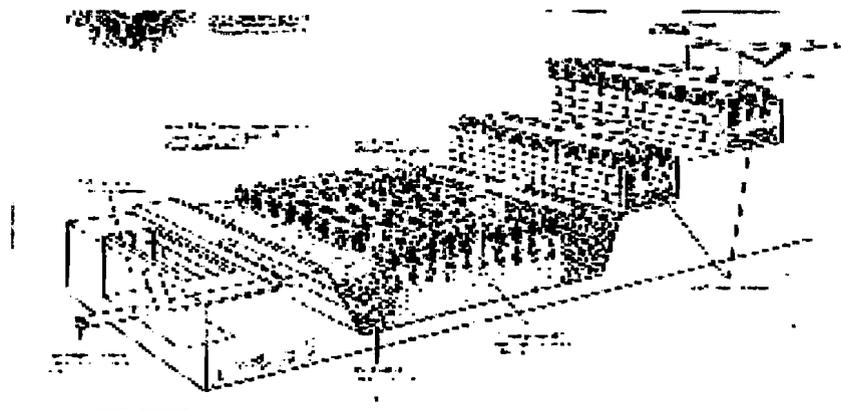
1. Sistem pengolahan yang di dalam tanah, genangan air akan dapat diminimalkan sehingga timbulnya bau dapat dihindari.

2. Tingkat *removal* atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.
4. Sistem pengolahannya mudah dan murah.

Berikut gambar dari sistem pengolahan *Constructed Wetlands* :



Gambar 2.3 Reaktor Sistem *Constructed Wetlands*



Gambar 2.4 Reaktor Sistem *Constructed Wetlands* Bertingkat

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Inggris *Phytoremediation*, kata ini tersusun atas dua bagian kata, yaitu *phyto* yang berasal dari kata latin *remedium* (“menyembuhkan”) dalam hal berarti juga “menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kekurangan atau kesalahan”.(Anonim,1999).

Dengan demikian *fitoremediasi* dapat didefinisikan sebagai : penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegrasi, fitostabilisasi.

1. Fitoekstraksi

Ini mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang.

2. Fitodegradasi dan atau Fitotransformasi

Ini merupakan metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase.

3. Rizofiltrasi

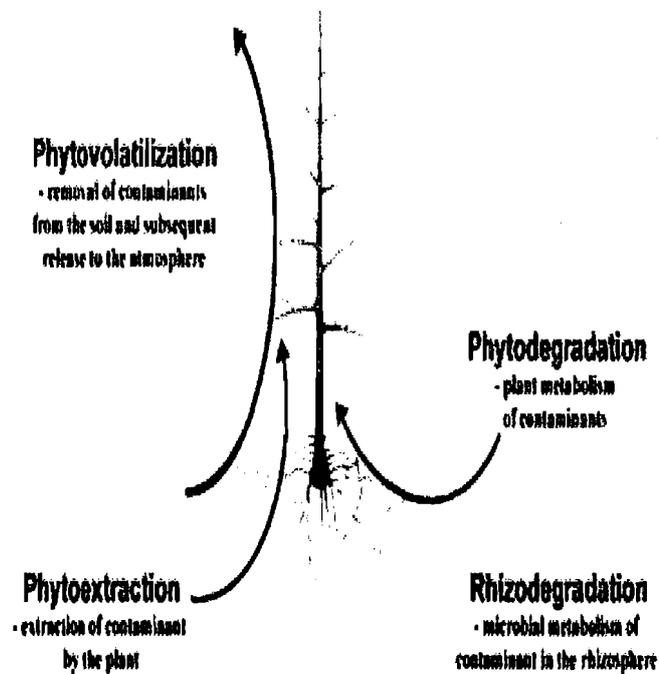
Ini merupakan pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.

4. Fitostabilisasi

Ini merupakan suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizofe.

5. Fitovolatilisasi.

Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun, dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat udara. Pemanfaatan tumbuhan untuk mereduksi polutan dari udara.



Drawing of tree & root system by Lazar Drazeta

Gambar 2.5 Proses – proses Fitoremediasi Pada Tumbuhan

2.4 Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

2.4.1. Klasifikasi Eceng Gondok

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Suku	: <i>Pontederiaceae</i>
Marga	: <i>Eichhornia</i>
Jenis	: <i>Eichornia crassipes Solms</i>

Orang lebih banyak mengenal tanaman ini tumbuhan pengganggu (gulma) diperairan karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Awalnya didatangkan ke Indonesia pada tahun 1894 dari Brazil untuk koleksi Kebun Raya Bogor. Ternyata dengan cepat menyebar ke beberapa perairan di Pulau Jawa. Dalam perkembangannya, tanaman keluarga *Pontederiaceae* ini justru mendatangkan manfaat lain, yaitu sebagai biofilter cemaran logam berat, sebagai bahan kerajinan, dan campuran pakan ternak.

Eceng gondok hidup mengapung bebas bila airnya cukup dalam tetapi berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut.

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak di gunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestic dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng Gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering Eceng Gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widianto dan Suselo, 1977).

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut :

a) Akar

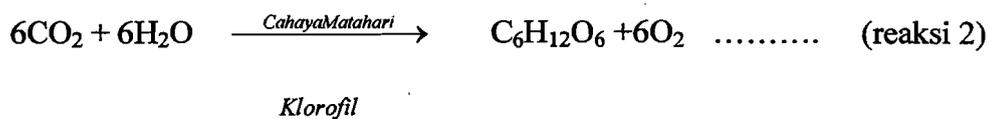
Bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan Lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air (Ardiwinata, 1950).

b) Daun

Daun eceng gondok tergolong dalam makrofit yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok

terdapat dalam sel epidemis. Dipermukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O₂ dari proses fotosintesis.

Reaksi fotosintesis :



Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas ke dalam air (Pandey, 1980).

c) Tangkai

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian didalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (*xylem dan floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih (Pandey, 1950).

d) Bunga

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6 - 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Eceng gondok juga memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut : eceng gondok merupakan tumbuhan perennial yang hidup dalam perairan terbuka, yang mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal. Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif, perkembangan secara vegetatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru.

Setiap 10 tanaman eceng gondok mampu berkembangbiak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan, hal inilah membuat eceng gondok banyak dimanfaatkan guna untuk pengolahan air limbah. cceng gondok dapat mencapai ketinggian antara 40-80 cm dengan daun yang licin dan panjangnya 7 - 25 cm.



Gambar 2.6 Eceng Gondok

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut :

1. Cahaya matahari, PH dan Suhu

Pertumbuhan eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25 °C- 30 °C, hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, eceng gondok lebih cocok terhadap pH 7,0 - 7,5, jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat (Dhahiyat,1974).

2. Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

Pada umumnya jenis tanaman gulma air tahan terhadap kandungan unsur hara yang tinggi. Sedangkan unsur N dan P sering kali merupakan faktor pembatas. Kandungan N dan P kebanyakan terdapat dalam air buangan domestik. Jika pada perairan kelebihan nutrien ini maka akan terjadi proses eutrofikasi. Eceng gondok dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5- 10. Agar pertumbuhan eceng gondok menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5 – 7.

Pemilihan tanaman eceng gondok pada *Constructed Wetlands* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman eceng gondok merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia.
2. Dari segi ekonomi tanaman eceng gondok harganya relatif murah.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam sistem *Constructed Wetlands* pemeliharaan sangat mudah.

2.4.2. Ciri-ciri Fisiologis Enceng Gondok

Eceng gondok memiliki daya adaptasi yang besar terhadap berbagai macam hal yang ada disekelilingnya dan dapat berkembang biak dengan cepat. Eceng gondok dapat hidup ditanah yang selalu tertutup oleh air yang banyak mengandung makanan. Selain itu daya tahan eceng gondok juga dapat hidup ditanah asam dan tanah yang basah (Anonim, 1996). Kemampuan eceng gondok untuk melakukan proses-proses sebagai berikut :

a. Transpirasi

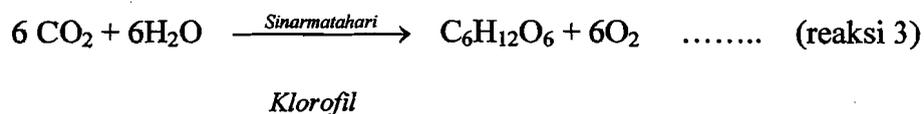
Jumlah air yang digunakan dalam proses pertumbuhan hanyalah memerlukan sebagian kecil jumlah air yang diadsorpsi atau sebagian besar dari air yang masuk kedalam tumbuhan dan keluar meninggalkan daun dan

batang sebagai uap air. Proses tersebut dinamakan proses transpirasi, sebagian menyerap melalui batang tetapi kehilangan air umumnya berlangsung melalui daun. Laju hilangnya air dari tumbuhan dipengaruhi oleh kuantitas sinar matahari dan musim penanaman. Laju transpirasi akan ditentukan oleh struktur daun eceng gondok yang terbuka lebar yang memiliki stomata yang banyak sehingga proses transpirasi akan besar dan beberapa factor lingkungan seperti suhu, kelembaban, udara, cahaya dan angin (Anonim, 1996).

b. Fotosintesis

Fotosintesis adalah sintesa karbohidrat dari karbondioksida dan air oleh klorofil. Menggunakan cahaya sebagai energi dengan oksigen sebagai produk tambahan.

Reaksi fotosintesis :

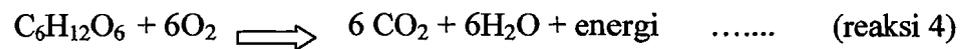


Dalam proses fotosintesis ini tanaman membutuhkan CO₂ dan H₂O dan dengan bantuan sinar matahari akan menghasilkan glukosa dan oksigen dan senyawa-senyawa organic lain. Karbondioksida yang digunakan dalam proses ini berasal dari udara dan energi matahari (Sastroutomo, 1991).

c. Respirasi

Sel tumbuhan dan hewan mempergunakan energi untuk membangun dan memelihara protoplasma, membran plasma dan dinding sel. Energi tersebut dihasilkan melalui pembakaran senyawa-senyawa. Dalam respirasi

molekul gula atau glukosa ($C_6H_{12}O_6$) diubah menjadi zat-zat sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983), reaksi kimia adalah :



2.4.3 Manfaat Eceng Gondok

Little (1968) dan Lawrence dalam Moenandir (1990), Haider (1991) serta Sukman dan Yakup (1991), menyebutkan bahwa eceng gondok banyak menimbulkan masalah pencemaran sungai dan waduk, tetapi mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri.
2. Sebagai bahan penutup tanah dan kompos dalam kegiatan pertanian dan perkebunan.
3. Sebagai sumber gas yang antara lain berupa gas ammonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.
4. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
5. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
6. Sebagai bahan baku karbon aktif.

2.4.4 Kerugian Eceng Gondok

Kondisi merugikan yang timbul sebagai dampak pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali di antaranya adalah:

- Meningkatnya evapotranspirasi.
- Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO: *Dissolved Oxygens*).
- Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
- Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

2.5 Logam dan Logam Berat

2.5.1 Logam

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair. Logam-logam cair, contohnya adalah air raksa atau *hidragyrum* (Hg), *serium* (Ce) dan *gallium* (Ga).

Melihat kepada bentuk dan kemampuan atau daya yang ada pada setiap logam, maka dapatlah diketahui bahwa setiap logam haruslah :

- a. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik (konduktor).
- b. Memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik.
- c. Memiliki repatan yang tinggi.
- d. Dapat membentuk alloy dengan logam lainnya.
- e. Untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk

Disamping itu, setiap unsur logam baik yang padat maupun yang berbentuk cair, akan memberikan ion positif (+) apabila senyawanya dilarutkan dalam air. Sedangkan oksida dari senyawa tersebut akan membentuk hidroksida bila bertemu dengan air.

Hampir 75% dari unsur-unsur yang terdapat dalam tabel periodik unsur merupakan unsur logam. Unsur logam tersebut, ditemukan hampir pada setiap golongan kecuali pada golongan VII A dan golongan VIII A dari tabel periodik unsur. Unsur-unsur logam tersebut dikelompokkan pula atas golongan-golongan sesuai dengan karakteristiknya. Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Golongan logam alkali.
- b. Golongan logam alkali tanah.
- c. Golongan logam transisi.
- d. Golongan logam mulia.
- e. Golongan logam tanah.
- f. Golongan logam tanah jarang.
- g. Golongan logam lantanida dan aktinida.

Ahrland et.al.(1958) mengusulkan untuk mengelompokkan logam kedalam 3 kategori, yang berdasarkan pada konstanta kesetimbangan, pada pembentukan ion logam atau kompleks logam dalam larutan. Pengelompokan itu adalah :

- a. Kategori kelas A
- b. Kategori kelas B
- c. Kategori kelas antara (transisi)

Secara kimiawi, logam bereaksi menuju tingkat stabil (biasanya dengan cara membentuk garam atau bentuk unsur stabil). Unsur logam akan bereaksi sebagai aseptor elektron (asam lewis) dan berpasangan dengan donor elektron (basa lewis) membentuk bermacam-macam senyawa, seperti pasangan ion, kompleks logam, senyawa koordinasi dan kompleks donor aseptor. Semakin besar konstanta kesetimbangan dari suatu logam, maka makin stabil pula kompleks logam tersebut dalam larutannya. Sebagai contoh, logam-logam transisi pada deret elektron 3 d, menunjukkan kenaikan stabilitas kompleksnya sebagai berikut : $Mn^{2+} < Fe^{2+} < Co^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+} > Zn^{2+}$ yang lebih dikenal dengan deret irving-william. Pendekatan ini selanjutnya dikembangkan untuk mengelompokkan pasangan-pasangan elektron donor aseptor menjadi kelompok asam-basa kuat dan asam-basa lemah. Asam kuat seperti, Mg^{2+} , Ca^{2+} dan Al^{3+} akan berikatan kuat dengan oksida asam kuat (basa kuat) seperti O^{2-} atau Co^{3+} , sedangkan asam lemah seperti, Hg^{2+} atau Hg^{2+} dan unsur logam Pb^{2+} lebih cenderung untuk berikatan dengan basa-basa lemah seperti S^{2-} .

2.5.2 Logam berat

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama Hg, Pb, As, Cd, dan Cr. Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul/bersifat akumulatif apabila terus-menerus dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi.

Dalam perairan logam-logam dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Yang terlarut adalah ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik. Tidak terlarut adalah terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa racun terakumulasi.

Air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Hg, Co, As, Cr baik secara sendiri-sendiri maupun dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksik bagi kehidupan organisme akuatis.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar, 1994) :

1. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-24 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktanida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Besarnya bahwa limbah tersebut bersifat racun terhadap badan penerima, unsur kimia ini bervariasi tingkat bahayanya dari daya pencemarnya. (Bowen, 1966) membagi unsur-unsur kimia tersebut menjadi empat kelas, yaitu :

1. Berdaya pencemar sangat tinggi, seperti : Ag, Cd, Cr, Hg, Cu, Sb, Cn, Fe, Ar, Zn.
2. Berdaya pencemar tinggi, seperti : Ba, Ca, Bi, Mn, P, Ti, U.
3. Berdaya pencemar menengah, seperti : Al, As, Bo, Cl, Co, F, B, Li, Na, dan N.
4. Berdaya pencemar rendah, seperti : Ga, La, Ms, I, Si, Nd, Sr, Ta, Zr.

Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam kedalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio- kimia). Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *oxygen-seeking* metal.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (*sulfur*) atau disebut juga nitrogen/ sulfur seeking metal.
- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), kadmium

(Cd), timah hitam (Pb), dan khromium (Cr). Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Ternyata kemudian, bila jumlah dari logam-logam esensial ini masuk kedalam tubuh dalam jumlah berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh. Contoh dari logam-logam berat esensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni).

2.5.3 Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 proses yang berkesinambungan (Baker 1999, dalam Dian Amalia dan Alia Damayanti, 2005) untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut, yaitu :

a. Penyerapan Oleh Akar

Agar tumbuhan dapat menyerap logam , maka logam harus dibawa kedalam larutan disekitar akar (*Rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya:

➤ Perubahan Ph

- Ekskresi zat khelat
- Pembentukan reduktase spesifik logam

b. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam di bawa masuk kedalam sel akan selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu *xylem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yang terikat pada Ni (kramer et al., 1996) dan hitokhelatin-glutatium yang terikat pada Cd (zhu et al.,1999).

c. Lokalisasi logam pada jaringan

Untuk mencegah penurunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar (untuk Cd pada *silene divica*)[Grunt et al.,1998]), trikhoma (untuk Cd [salt et al., 1995]), dan lateks (untuk Ni pada *serberia acuminata* [collins,1999]).

2.5.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok

Tumbuhan ini mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potongan-potongan vegetatifnya yang terbawa arus akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya didalam air kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang

tinggi juga besar. Proses regenerasi yang cepat dan toleransinya terhadap lingkungan yang cukup besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan. (Soerjani, 1975)

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif kedalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia. (Foth, 1991)

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa kedalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu *xylem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksofikasi, misalnya menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar.

Menurut Fitter dan Hay (1991), terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman :

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar gradient potensial yang disebabkan oleh transpirasi.
2. Difusi, gradient konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar.

Dalam pengambilan ada dua hal penting, yaitu pertama, energi metabolik yang diperlukan dalam penyerapan unsur hara sehingga apabila respirasi akan dibatasi maka pengambilan unsur hara sebenarnya sedikit. Dan kedua, proses pengambilan bersifat selektif, tanaman mempunyai kemampuan menyeleksi penyerapan ion tertentu pada kondisi lingkungan yang luas (Foth, 1991).

2.5.5 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok Pada Limbah Dengan Organik Tinggi Dan Organik Rendah

Pada penyerapan logam berat oleh tanaman pada limbah organik tinggi yaitu terjadi proses penguraian secara besar-besaran oleh mikroorganisme pada limbah tersebut, sehingga tanaman akan lebih dahulu menyerap unsur-unsur yang diuraikan oleh mikroorganisme sebelum menyerap logam yang terdapat pada limbah, dengan demikian menjadikan logam berat yang terserap oleh tanaman tidak terlalu besar karena harus menyerap unsur-unsur yang dibutuhkan oleh eceng gondok. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, karbon dan hidrogen termasuk dalam elemen makro yaitu unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar

(Dwijoseputro, 1992), dan pada penyerapan logam berat oleh tanaman pada limbah organik rendah adalah logam berat dapat diserap oleh tanaman dengan cepat karena pada organik rendah mikroorganismenya hanya sedikit dibandingkan dengan organik tinggi, sehingga unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh eceng gondok dari proses penguraian mikroorganisme tersebut terserap cepat dan logam berat dapat terserap lebih banyak dibandingkan dengan organik tinggi.

2.6 Cr Dalam *Constructed Wetlands*

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (*chromo*) yang berarti warna. Dalam bahan kimia kromium dilambangkan dengan Cr sebagai salah satu unsur logam berat. Logam Cr pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797. Logam Cr dapat masuk ke semua strata lingkungan yaitu strata perairan, tanah, dan udara sebagai logam berat. Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi, keracunan akut yang disebabkan oleh Cr pada manusia menyebabkan terjadi pembengkakan pada hati, lendir dari jalur pernapasan, perubahan pada limfa dan ginjal serta kanker paru-paru. (Prangtington, 1957).

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal (II) kromat) dan hijau khrom (kromium (III) oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relatif (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	3d ⁵ 4s ¹
Jari-jari atom (nm)	0,117
Jari-jari ion ni m ³⁺ (nm)	0,069
Keelektronegatifan	1,6
Energi ionisasi (I) kJ mol ⁻¹	659
Kerapatan (g cm ⁻³)	7,19
Titik leleh (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2,3,6
Potensial elektroda (V)	
M ²⁺ (ag) + 2e → M(s)	-0,56
M ³⁺ (ag) + e → M ²⁺ (ag)	-0,41

(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Kromium (Cr) merupakan unsur yang termasuk dalam grup A dalam sistem periodik unsur, dengan berat jenis 7,14 g/mL ; titik lebur 1840 °C ; titik didih 2200 °C (Iswanto, 1992). Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk chromite (FeOCr₂O₃). Kadang-kadang pada batuan mineral chromite juga ditemukan logam-logam Mg (magnesium), Al (aluminium) dan senyawa SiO₃ (silikat). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *chromite* bukanlah merupakan penyusunan pada *chromite* melainkan berperan sebagai pengatur (impurities). (Palar, 1994).

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksida 2+, 3+ dan 6+. Sesuai dengan valensi yang dimilikinya,

logam atau ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat amfoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam.

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

2.6.1 Khromium (Cr) Dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada stata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

Masuknya Cr ke lapisan udara berasal dari pembakaran, mobilisasi batu bara dan minyak bumi. Pada pembakaran batu bara akan terlepas Cr sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas Cr sebesar 0,3 ppm.

Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara dari proses pembakaran batubara dan 50 ton Cr dari proses pembakaran minyak bumi. (Palar,1994)

Logam khrom (Cr) di udara ditemukan dalam bentuk debu dan partikulat, seperti logam-logam berat lainnya. Debu dan partikulat khrom dalam udara tersebut dapat masuk kedalam tubuh hewan ataupun manusia melalui pernapasan (*respirasi*). Partikel atau debu khrom yang terhirup manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru untuk kemudian berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh. (Palar,1994)

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

Logam khrom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam khrom didasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa reduksi ini dapat

berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion Cr^{3+} akan mengendap didasar perairan.

2.6.2 Kegunaan Khromium (Cr) Dalam Lingkungan

Khromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri metalurgi, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*khromium planting*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana khromium planting ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi. (Breck, W.G and Brown, R.C, 1997).

Khromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol pengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan Khromium dapat juga digunakan sebagai ortopedi, radioisotope khromium dalam bentuk Cr 51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penanda sel-sel darah-darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar, 1995).

Dalam industri kimia Khrom digunakan sebagai :

1. Cat pigmen (*dying*) dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau.
2. Elektroplanting (*chrome plating*)
3. Penyamakan kulit
4. *Treatment woll*

Dari aktifitas atau kegiatan diatas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses limbah laboratorium juga dapat menjadi sumbar kontaminasi air tanah.

2.6.3 Keracunan Khromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, dibandingkan ion-ion Cr (II) dan Cr (III). Sifat racun yang dibawa logam ini juga mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_3Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit akan tetapi penggunaan senyawa tersebut sering kali mengakibatkan keracunan yang fatal (Palar, 1994).

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Efek pada kulit disebabkan karena asam kronit, dikromat dan Cr (VI) lain disamping iritasi yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, polyp kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr (VI) adalah vertigo haus, muntah, shock, koma, dan mati. Khrom merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein.

Kontaminasi khrom dapat terjadi melalui :

1. Pengisian udara tercemar

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

2. Kontak langsung

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

3. Makanan dan minuman

Khrom yang masuk kedalam tubuh manusia melalui air minum akan menumpuk di liver, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang

panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker, selain itu khrom akan dengan cepat menyebar ke pembuluh darah.

2.6.4 Prinsip Analisa Logam Khromium

Kromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. Untuk mengenal sifat dari khrom mudah berubah dari krom valensi 3 ke khrom valensi 6. Hal ini terbukti dari kebanyakan terjadi dalam khrom valensi 6 sebagai khromat (CrO_4^{-2}) dan dwikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). Sifat lain dari khrom adalah mengikat molekul air, sehingga didalam industri sering digunakan sebagai bahan campuran pendingin, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi terhadap alat yang digunakan.

Khrom valensi 3 dapat mengendap dalam bentuk hidroksidanya. Pada khrom hidroksida ini tidak larut dalam air, optimalnya pada kondisi $\text{pH} = 8,5 - 9,5$. khrom hidroksida ini melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. Khrom valensi 6 sulit dalam pengendapannya, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi, yaitu dari khrom valensi 6 menjadi valensi 3. mereduksi krom valensi 6 menjadi valensi 3 pada cairan $\text{pH} = 3$ atau dibawahnya dengan asam sulfat (H_2SO_4). Zat pereduksinya dapat digunakan sulfur dioksida, natrium bisulfit, meta bisulfit, hidro bisulfit atau ferro sulfit.

Didalam pengolahannya dilakukan secara bertahap, yaitu mereduksi khrom valensi 6 menjadi valensi 3 dan kemudian pengendapan khrom dengan penambahan hidroksida dengan cara menaikkan pH sampai diatas netral. Analisis logam khrom dalam air limbah dapat ditentukan dengan kolorimetri menggunakan spektrofotometer. Kemudian absorbansi diukur pada spektrofotometer, pada panjang gelombang 540 nm.

2.7 Toksisitas Logam Pada Tanaman Eceng Gondok

Toksisitas adalah kemampuan molekul suatu bahan kimia atau senyawa kimia untuk menimbulkan kerusakan pada saat mengenai bagian permukaan tubuh atau bagian dalam tubuh yang peka terhadapnya (Elizabeth, M. I., 1992).

Penelitian yg dilakukan oleh Zamzam D, 1990, terdapat kerusakan pada morfologi tanaman eceng gondok parameter kualitatif yang memperlihatkan perbedaan antara control dengan tanaman yang diperlakukan dengan logam Cr, pada control daun tampak hijau dan berkembang dengan baik sedang tanaman yang tumbuh pada media Cr tampak menguning. Pada konsentrasi 1 ppm belum tampak pengaruh logam namun pada konsentrasi lebih tinggi yaitu 5 ppm dan 10 ppm Cr terlihat sangat jelas. Ini berarti Cr bersifat toksik pada tanaman khususnya eceng gondok.

Tanaman yang ditumbuhkan dalam media air atau tanah yang mengandung senyawa toksik akan memberikan respon sensitif dan respon resisten.

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara :

1. mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami gangguan metabolisme.
2. meningkatkan permeabilitas membran plasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurangnya kemampuan seleksinya.
3. menghambat fotosintesis dan respirasi
4. menurunkan aktivitas enzim metabolic.

Ambang batas tanaman terhadap logam berat berbeda-beda untuk tiap tanaman. Bila ambang batas melampaui maka menyebabkan meningkatnya aktivitas enzim dan protein dalam pembentukan khelat bersifat toksik konsentrasi logam yang melampaui batas maksimum dapat menyebabkan batas reduksi terhadap organ-organ tanaman, ukuran tumbuhan menjadi kerdil, bunga menjadi lebih kecil dari ukuran normal atau bahkan tidak terbentuk, menyebabkan klorosis, efek fatal adalah menimbulkan kematian.

Pada makhluk hidup termasuk manusia logam dan mineral digunakan pada proses biokimiawi dalam membentuk proses fisiologis atau sebaliknya dapat menyebabkan toksisitas. Proses biokimiawi dalam tubuh makhluk hidup hampir selalu menyebabkan unsur-unsur logam di dalamnya (Darmono, 1995).

Logam dapat menyebabkan keracunan adalah jenis logam berat saja. Logam ini termasuk logam yang essential seperti Cu, Zn, dan Se dan yang non essential seperti Hg, Pb, Cd, Cr, dan As. Terjadi keracunan logam paling sering disebabkan pengaruh pencemaran lingkungan oleh logam berat. Toksisitas logam pada makhluk hidup kebanyakan terjadi karena logam berat non essential saja, walaupun tidak menutup

kemungkinan adanya keracunan logam non essential yang melebihi dosis (Darmono, 1995).

2.8 Spektrofotometer Serapan Atom

Dalam penelitian ini digunakan pengukuran Spektrofotometer Serapan Atom dengan system pengatoman dengan menggunakan nyala api dan campuran bahan bakar gas dan oksidan. Metode pengukuran AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis, hal ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitian sampai tingkat rumit, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan karena penentuan suatu unsur dengan kehadiran unsur yang lain dapat dilakukan asalkan lampu katoda berongga yang diperlukan tersedia.

King menyatakan bahwa disamping eceng gondok mampu membersihkan air, zat-zat yang dapat diserap dan disaringnya dari air antara lain logam-logam berbahaya seperti timah hitam (Pb), arsen (As), cadmium (Cd), serta pestisida. Eceng gondok diduga masih merupakan satu-satunya jenis tumbuhan air yang dapat menghilangkan pestisida. Disamping itu, ada juga suatu eksperimen yang menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap nutrient-nutrien logam dan substansi trace organic dari air (Anonymous, 1981).

2.9 Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*), Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forks*) dan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sistem *Constructed wetlands* bukan hanya tanaman eceng gondok namun jenis tanaman air lainnya dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pengurai limbah. Jenis tanaman air lainnya yang digunakan sebagai tanaman pengurai limbah dan telah diteliti nilai efisiensinya adalah :

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Ully Andryani (2004) menggunakan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) untuk mengolah industri penyamakan kulit.

Tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) memiliki syarat tumbuh sebagai berikut :

- pH optimum untuk tanaman ini dapat tumbuh adalah 4,5 – 7.
- Ketinggian air untuk tumbuh di daerah tropis 3 – 5 cm.
- Harus tersedia cukup unsur C, H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, Fe.
- Suhu optimum 20 – 30 °C.
- Kelembaban optimum 85 – 90%

Tanaman kiapu digunakan dalam penelitian untuk mengolah limbah dari industri penyamakan kulit karena memiliki keunggulan daya kecambah yang tinggi, tahan terhadap gangguan tempat hidup yang baru, pertumbuhan cepat, tidak peka terhadap suhu, tingkat absorpsi/penyerapan unsur hara dan air besar, daya adaptasi yang besar terhadap iklim. Pada penelitian dengan limbah penyamakan kulit ini tanaman kiapu digunakan untuk menurunkan

TSS, Cr dan pH. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan penurunan TSS, Cr dan pH dalam *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman kiapu yang mengolah bahan organik atau anorganik yang terdapat didalam limbah cair industri penyamakan kulit sebagai nutrien dan energi. Peranan tanaman didalam sistem pengolahan *Constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan organik dalam air limbah cair industri penyamakan kulit menjadi nutrien bagi tumbuhan dan sebagai media tumbuhnya mikroorganisme pengurai air limbah. Efisiensi penurunan parameter diatas dengan waktu detensi 12 hari adalah TSS 51,85% dan Cr 74,29%. Distribusi logam Cr ini terjadi pada seluruh bagian tanaman terutama pada akar dan daun tanaman. Kapasitas terbesar penyerapan terjadi pada bagian akar hal ini karena akar merupakan media pertama yang dilalui Cr.

- 2) Penelitian yang dilakukan oleh Faisal (2005) menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk mengolah limbah dari Industri Tapioka, adapun hasil penelitian dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok ini adalah :

Tanaman eceng gondok ini dipilih karena tanaman ini tahan terhadap limbah dengan kandungan organik tinggi, suhu yang tumbuhnya tanaman ini adalah 23 – 30⁰C, dengan pH berkisar antara 7 – 7,5. dalam penelitian dengan menggunakan limbah tapioka ini tanaman eceng gondok dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan BOD, COD, TSS dan sianida (CN). Turunnya



kandungan parameter tersebut terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dan tanaman eceng gondok yang mengolah bahan-bahan organik dan anorganik yang terdapat di dalam limbah cair industri tapioka yang dimanfaatkan sebagai energi dan nutrien dalam bentuk karbon dan nutrien dengan tingkat efisiensi pengolahan limbah cair selama waktu detensi 10 hari, BOD 97,94%, COD 84,35%, TSS 45,62% dan CN 99,87%. Peran tanaman eceng gondok didalam sistem pengolahan *Constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan-bahan organik dalam air limbah industri tapioka menjadi nutrien bagi pertumbuhan dan sebagai tempat tumbuhnya berbagai mikroorganisme pengurai limbah.

- 3) Penelitian yang dilakukan oleh Widyanto dan Susilo (1981) melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam cadmium (Cd), merkuri (Hg), masing-masing sebesar 1.35 mg/g dan 1.77 mg/g bila logam tidak tercampur. Eceng gondok juga menyerap Cd 1.23 mg/g.
- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Tjitrosoedirdjo dan Satroudomo (1985) mengemukakan hasil penelitiannya bahwa Pb pada konsentrasi 10 ppm tidak mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok, tetapi Cd pada konsentrasi 10 ppm menghambat pertumbuhan eceng gondok. Lubis dan Sofyan (1986) menyimpulkan logam Cr dapat diserap oleh eceng gondok secara maksimal pada pH 7.

- 5) Penelitian yang dilakukan oleh Zazam (1990) terdapat kerusakan pada morfologi eceng gondok yang disebabkan oleh Cr, namun pada konsentrasi 5-10 mg/L Cr terlihat sangat jelas. Daya serap eceng gondok juga dilakukan terhadap logam Cd, Co, Ni dan Pb dengan konsentrasi yang bervariasi (0,1-5,0 ppm). Pada penelitian ini pola tanam yang digunakan berbeda yaitu dengan menggantikan tanaman yang sudah diletakan didalam pot selama dua hari masa penyerapan dengan tanaman yang baru (Alboulroos dkk,2002).
- 6) Penelitian yang dilakukan oleh Soud dkk (2004) dilakukan analisis cemaran logam Cd, Co, Ni dan Pb, pada tanaman eceng gondok dan *Ceratophyllum demersum*. Konsentrasi logam yang ditambahkan 0,1-5 mg/L dengan menggantikan tanaman setiap dua harinya ternyata mampu menyerap seluruh logam setelah 24 dan 36 hari.
- 7) Penelitian yang dilakukan oleh Yanti (2004) menyimpulkan bahwa logam Cu dengan konsentrasi lebih dari 15 ppm ternyata menghambat pertumbuhan eceng gondok. Semakin besar konsentrasi logam yang terserap oleh tumbuhan maka akan mengganggu metabolisme dan pertumbuhan tanaman itu sendiri.
- 8) Penelitian yang dilakukan oleh Mashita (2005), menunjukkan bahwa perbedaan waktu kontak cukup berpengaruh terhadap serapan Logam Cr. Pada pola tanam *sequential harvesting* kadar logam pada akar eceng gondok dari hari ke-7, 14 dan 21 semakin meningkat secara signifikan. Kadar logam Cr sebesar 82,8 ug/g berat kering untuk kontak 7 hari, 191,68 ug/g berat kering untuk

waktu kontak 14 hari dan 249.76 ug/g berat kering untuk waktu kontak 21 hari.

- 9) Penelitian yang dilakukan oleh Kumar dkk (1995) menyebutkan sebagian kecil tanaman liar dapat mengakumulasi logam berat melalui proses *fitoekstraksi*. *Fitoekstraksi* logam berat Pb, Cr⁶⁺, Cd, Ni, Zn dan Cu dalam tumbuhan *Brassica Juncea (L) Czern*. Penyerapan terbesar untuk logam Pb pada tanaman *Brassica juncea (L) Czern* yaitu 108,3 mg Pb/g DW dalam akar dan 34,5 mg Pb/g DW dalam batang.
- 10) Penelitian yang dilakukan oleh Dian Amalia dan Alia Damayanti (2005), menggunakan tanaman eceng gondok untuk menurunkan kadungan Cr⁶⁺ pada air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik, kecuali pada konsentrasi terbesar.

2.10 Hipotesa

Hipotesa penelitian adalah sebagai berikut :

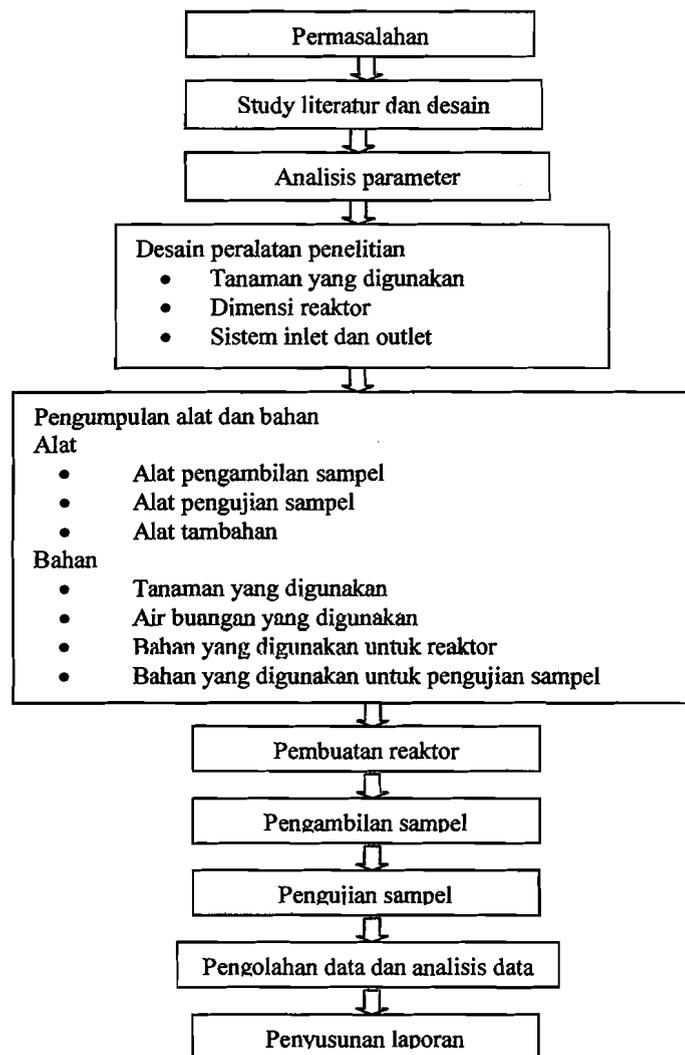
- a. *Constructed wetlands* dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat menurunkan konsentrasi Cr total.
- b. Pemanfaatan tanaman eceng gondok untuk penurunan Cr total berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

- Lokasi pengambilan air limbah dari ember pengumpul limbah laboratorium kualitas lingkungan yang berasal dari aktivitas praktikum laboratorium kualitas lingkungan, FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi penelitian dilakukan di halaman belakang laboratorium kualitas lingkungan, FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi analisis parameter Cr Total dilakukan di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan, Sleman, Jogjakarta.

3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan yang terdiri dari tahap persiapan penelitian, desilasi tanaman eceng gondok, pembuatan reaktor, penanaman eceng gondok dalam reaktor, pengambilan sample air limbah pada tiap-tiap reaktor, pemeriksaan di laboratorium, analisa data dan penyusunan laporan.

3.4 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan analisa pengukuran dan pengujian parameter Cr total limbah laboratorium berdasarkan tingkat konsentrasi limbah (0%, 25%, 50%, 75% dan 100%) dan variasi waktu penelitian (0, 3, 6, 9 dan 12 hari). Parameter Cr total diuji karena belum adanya pengolahan pada limbah cair kualitas lingkungan dan pada pengujian awal tersebut kadar Cr total yang diperoleh sebesar 0,758 mg/L, sedangkan

sedangkan ambang batas diperbolehkan 0,05 mg/L berdasarkan PP no. 82 th 2001 oleh karena itu harus ada pengolahan konsentrasi Cr total terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

3.5 Desain Constructed Wetlands

Pembuatan reactor *batch Constructed Wetlands* yang digunakan dalam penelitian antara lain :

a. Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichornia Crassipes*). Media tanaman yang digunakan adalah tanah, tinggi tanah masing-masing 5 cm untuk tiap reaktor. Tanaman eceng gondok yang telah ditanam diberi air setinggi 10 cm dari permukaan tanah, dimana air tersebut merupakan pencampuran antara air dengan limbah. Penelitian ini dilakukan di dalam rumah tanaman.

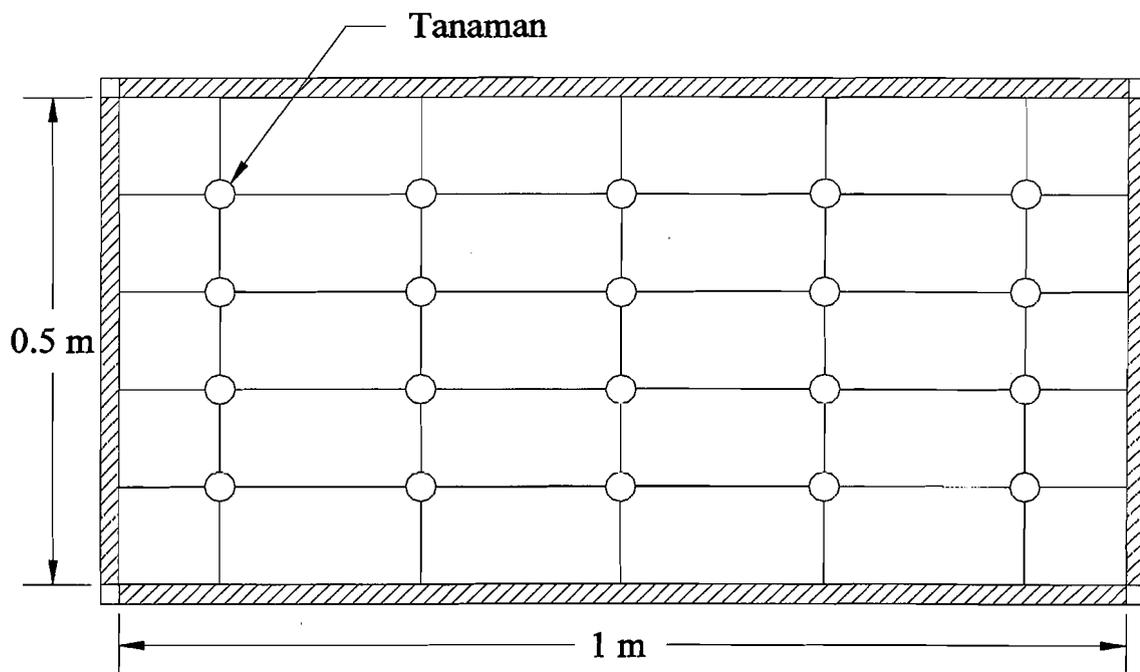
b. Dimensi Reaktor

Reaktor terbuat dari kayu dan dilapisi plastik sebagai lapisan kedap air. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah reaktor. Tiap reaktor akan diberi perlakuan konsentrasi limbah yang berbeda. Reaktor diatas terbagi atas reaktor kontrol, dimana reaktor ini diberi limbah namun tidak ditanami tanaman eceng gondok dan reaktor uji yang mana reaktor diberi limbah dan ditanami eceng gondok.

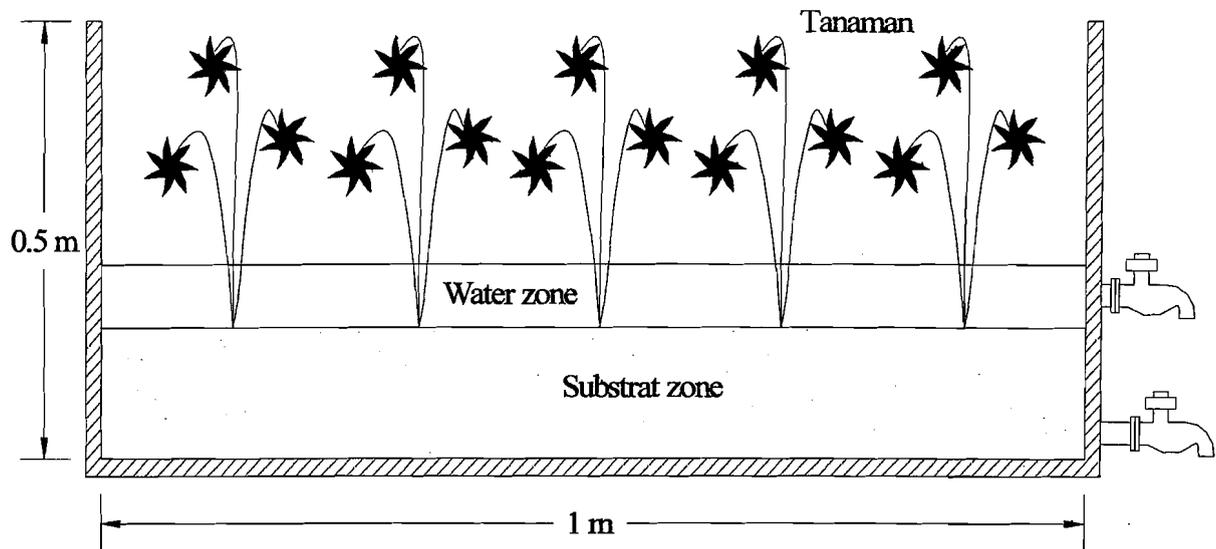
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch Constructed Wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Persamaan Reaktor Awal

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Waktu detensi	Td	12	hari		
Luas	A	P = 1 L = 0.5	m	$A = \frac{volume}{H_{air}}$	



Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)



Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)

3.6 Metode Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Kualitas air limbah

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengaliran *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah cair laboratorium, yang akan dijadikan obyek penelitian dan analisa adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% tanpa tanaman yang digunakan sebagai kontrol analisa dan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% ditanami tanaman eceng gondok. Variasi konsentrasi air limbah dilakukan dengan pengenceran yang menggunakan air sumur. Pengaliran limbah cair pada reaktor dilakukan selama 12 hari, kemudian dilakukan analisa laboratorium kualitas air pada variasi waktu ke 3, 6, 9, dan 12 hari cuplikan limbah dari outlet reaktor. Adapun variasi limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2. Variasi Konsentrasi Limbah Cair

No	Konsentrasi Limbah Tanpa Tanaman (%)	Konsentrasi Limbah Dengan Tanaman (%)	Volume Limbah (Liter)	Volume Pengencer (Liter)
1	100	100	100	0
2	75	75	75	25
3	50	50	50	50
4	25	25	25	75
5	0	0	0	100

3.6.2 Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diperoleh di sawah-sawah maupun di perairan lainnya, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan tanaman eceng gondok sebanyak 100 gram. Ketentuan jarak tanaman air tidak ditentukan, dan yang terpenting permukaan air tidak tertutup seluruhnya dengan tanaman.

3.6.3 Desain Sampling

Pengambilan sampel dilaksanakan pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12. pengambilan sampling pada hari ke nol dilakukan pada saat sampel akan dimasukkan dalam reaktor. Sedang pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 sampel diambil pada outlet reaktor. Lokasi pengambilan sampel sama pada 10 buah reaktor, kemudian sampel dianalisa di laboratorium.

3.6.4 Pengambilan Sampling

Pengambilan sampling meliputi :

- a. Sampel diambil dari reaktor dengan menggunakan ember plastik.
- b. Ember plastik bagian dalam dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan air bersih.
- c. Sampel ditampung di ember yang sudah bersih.
- d. Setelah itu sampel dipotong-potong.
- e. Sampel di timbang.
- f. Sampel di masukan ke dalam oven.
- g. Dilakukan destruksi
- h. Masuk ke dalam alat agitator.
- i. Air sampel di saring.
- j. Di masukan ke dalam botol.

3.6.5 Destruksi

Pada analisis dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), cuplikan harus dalam bentuk larutan. Apabila cuplikan berbentuk padatan agar dapat dianalisis maka dilakukan destruksi basah atau kering.

3.6.6 Spektrofotometer Serapan Atom

Penentuan konsentrasi logam Cr

Penentuan kandungan logam Cr dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat spektrofotometer serapan atom model AA - 782 Nippon Jarel Ash. Adsorbansi logam Cr diukur dengan menggunakan metode nyala (flame) pada kondisi optimum. Standarisasi alat AAS digunakan larutan blangko dan dapat dibuat deret larutan standar, dimana dari deret larutan standar ini akan diperoleh kurva baku atau kurva standar linear yang dibuat berdasarkan adsorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Cr dengan konsentrasi yang telah diketahui (perhitungan di lampiran 1). Perhitungan konsentrasi hasil pengukuran (C regresi) dengan metode standar kalibrasi dilakukan dengan cara memasukan harga serapan sampel Y , sehingga :

$$Y = bx \qquad x = Y/b$$

Kadar unsur dalam sampel dihitung dengan persamaan :

$$x = (C_{regresi} \times V \times P) / g$$

Dengan : x = Kadar unsur (mg/mL)

$C_{regresi}$ = Konsentrasi unsur yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar

V = Volume larutan sampel (mL)

P = Faktor pengenceran

g = Sarat sampel

3.7 Metode Analisa Laboratorium

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap analisa kualitas air limbah di laboratorium dengan pengukuran parameter-parameter yang diuji. Tahap-tahap dalam analisa laboratorium yaitu :

1. Analisa awal, dilakukan pada saat pengambilan limbah laboratorium kualitas lingkungan, sebagai data awal konsentrasi limbah (data sekunder).
2. Analisa terhadap variasi waktu, dilakukan sebanyak 5 kali pengambilan sample yaitu pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12 yang diambil dari outlet reaktor *Constructed Wetlands* dan setiap sample dilakukan dua kali pengujian laboratorium.

3.8 Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah

Pada tanaman dan air limbah laboratorium juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual. Terhadap tanaman uji pengamatan meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun, lebar daun, dan panjang akar) dan daya tahan terhadap air limbah, sedangkan untuk pengamatan pada air limbah meliputi kondisi air, warna air, bau air pH air. Hasil pengamatan ini hanya sebagai data pendukung, sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penurunan khromium pada air limbah laboratorium.

3.9 Metode Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat penurunan) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji dan air limbah). Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan *software* statistik, misalnya analisa varians (ANOVA). Data-data tersebut diolah dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan *software* SPSS 11.5 yang diawali dengan Between – Subject Factors dengan tujuan untuk melihat jumlah data antara 2 faktor. Untuk Test of Between – Subject Effects digunakan hipotesis :

- i. H_0 = tidak ada pengaruh waktu detensi/variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.
- ii. H_1 = ada pengaruh waktu detensi/variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

Dengan dasar pengambilan keputusan :

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

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Khrom merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya di lingkungan membahayakan manusia. Salah satunya adalah keberadaan khrom di dalam badan air(sungai). Parameter air baku/air limbah yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar Cr total, air limbah yang berasal dari air limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan, UII, Yogyakarta.

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Konsentrasi awal Logam Cr Total dalam Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan dan Tanaman Eceng Gondok

Hasil pengujian awal terhadap seluruh parameter yang akan diamati yaitu khrom pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan yang berasal dari seluruh aktifitas laboratorium yang menghasilkan limbah cair, yang mana konsentrasi awal logam Cr total ini adalah 0.4486 mg/L lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Parameter Awal Cr Total

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr total (mg/L)	Metode
1	0%	0.0001	0.012	AAS
2	25%	0.0008	0.054	AAS
3	50%	0.001	0.1528	AAS
4	75%	0.0018	0.2399	AAS
5	100%	0.0046	0.4486	AAS

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan laboratorium kualitas lingkungan untuk parameter Cr total belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh dibatas ambang 0,05 mg/L dari PP No.82 th. 2001.

Tanaman eceng gondok diambil dari daerah Maguwo Sleman, dalam penelitian ini eceng gondok ditanam pada reaktor yang mana masing-masing reaktor terdapat sekitar 13 eceng gondok yang berat panjang serta ukurannya di perkirakan sama, ini di karenakan agar dalam proses penyerapan tanaman bisa mempunyai kemampuan yang sama. Tanaman eceng gondok tersebut dibiarkan beradaptasi dengan lingkungannya selama 3 hari. Untuk mengetahui konsentrasi Cr total pada tanaman eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr total (mg/L)	Metode
1	Akar	0.0028	0.251	AAS
2	Daun	0.0003	0.063	AAS

Sumber : Data primer 2007

Penelitian ini dilakukan selama 12 hari dimana pengamatan dilakukan setiap hari, akan tetapi untuk pengambilan sampelnya dilakukan selang 3 hari, ini bertujuan untuk bisa lebih mengetahui perbandingan penyerapannya yang lebih baik Adapun konsentrasi limbah yang berbeda-beda yaitu konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Untuk mengetahui konsentrasi Cr total pada tanaman eceng gondok baik pada akar dan daun dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini:

4.1.2 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Limbah cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Setelah Perlakuan

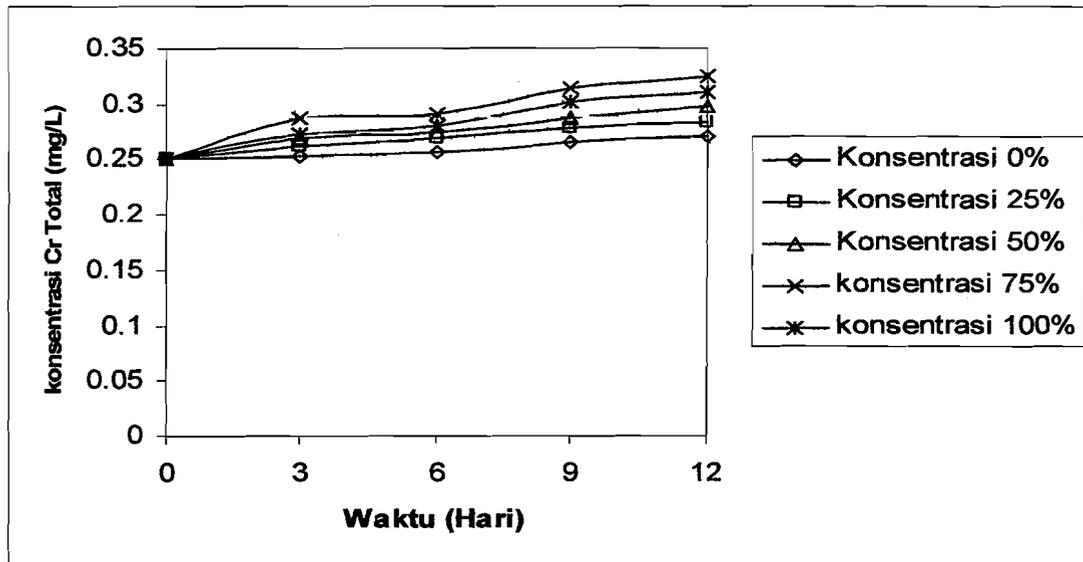
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Akar	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.251	-	0.252	0.255	0.256	0.258	0.265	0.268	0.27	0.274
25%	0.251	-	0.261	0.264	0.268	0.272	0.277	0.281	0.284	0.289
50%	0.251	-	0.269	0.273	0.274	0.281	0.286	0.292	0.297	0.305
75%	0.251	-	0.286	0.291	0.291	0.293	0.314	0.316	0.324	0.331
100%	0.251	-	0.273	0.277	0.279	0.281	0.302	0.306	0.311	0.318

Sumber : Data primer 2007

Dapat dilihat bahwa kandungan Cr total pada akar tanaman eceng gondok mengalami kenaikan dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-12. Setiap reaktor variasi konsentrasi limbah memiliki kemampuan daya serap akar tanaman terhadap kandungan logam khromium total yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan bahwa logam Cr total dapat diserap oleh akar tanaman eceng gondok.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan antara penyerapan kandungan khrom dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Dapat dilihat pada Grafik 4.1 konsentrasi logam Cr total dalam akar dari hari ke-0 sampai hari ke-12 mengalami kenaikan setiap konsentrasinya. Konsentrasi Cr total terbesar pada konsentrasi 75% dan kandungan Cr total terkecil pada konsentrasi 25%. Untuk konsentrasi 75% mengalami kenaikan yang stabil dan konsentrasi Cr total paling besar dari konsentrasi lainnya. Ini disebabkan semakin besar kandungan logam Cr total semakin besar pula logam Cr total yang diserap oleh akar. Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel yaitu secara osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air

dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Jadi jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar terkandung pada jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tanaman eceng gondok, berarti semakin banyak ion-ion logam tersebut masuk ke dalam tubuh tanaman (Supradata,1992).

Semakin lama eceng gondok ditanam, semakin banyak logam yang terserap sehingga yang tersisa dalam media tanam semakin kecil. Apabila konsentrasi logam yang tersedia semakin kecil, maka yang terserap lebih kecil menyebabkan kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam Cr total terbatas. Peningkatan konsentrasi logam Cr total yang semakin tinggi menyebabkan toksisitas pada tanaman eceng gondok mampu menyerap logam berat lebih tinggi pada hari yang ke-12.

Pada Tabel 4.4 di bawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan konsentrasi Cr total pada daun tanaman eceng gondok pada reaktor dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :

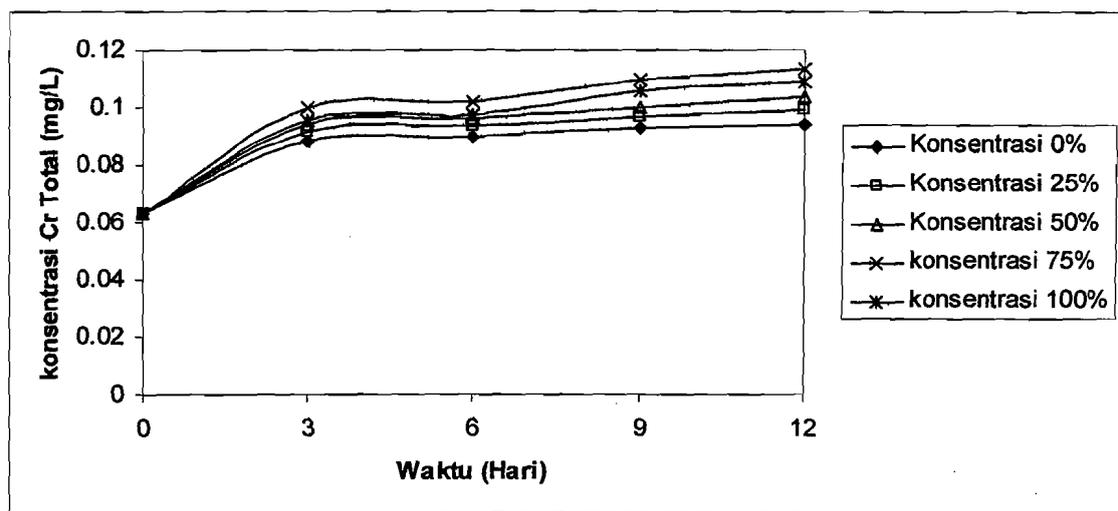
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

Daun	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.063	-	0.0882	0.0893	0.0896	0.0903	0.0928	0.0938	0.0945	0.0959
25%	0.063	-	0.0914	0.0924	0.0938	0.0952	0.0970	0.0984	0.0994	0.1012
50%	0.063	-	0.0942	0.0956	0.0959	0.0984	0.1001	0.1022	0.1040	0.1068
75%	0.063	-	0.1001	0.1019	0.1019	0.1025	0.1099	0.1106	0.1134	0.1159
100%	0.063	-	0.0956	0.0970	0.0977	0.0984	0.1057	0.1071	0.1089	0.1113

Sumber : Data primer 2007

Dapat dilihat bahwa kandungan Cr total pada daun tanaman eceng gondok mengalami kenaikan dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-12. dapat di simpulkan bahwa logam Cr total dapat diserap oleh daun tanaman eceng gondok.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dibuat grafik hubungan antara penyerapan kandungan Cr total dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Daun Tanaman Eceng

Dari Gambar 4.1 dan 4.2 dapat diketahui bahwa penyerapan kandungan Cr total terbesar dari akar dan daun tanaman eceng gondok terjadi pada konsentrasi 75% pada hari ke-12. Penyerapan oleh akar dan daun dengan konsentrasi 75% mengalami serapan logam Cr total dengan stabil. Hal ini dikarenakan semakin besar kandungan logam Cr total semakin besar pula logam Cr total yang diserap oleh akar dan daun tanaman eceng gondok. Penyerapan pada konsentrasi 100% mengalami kejenuhan

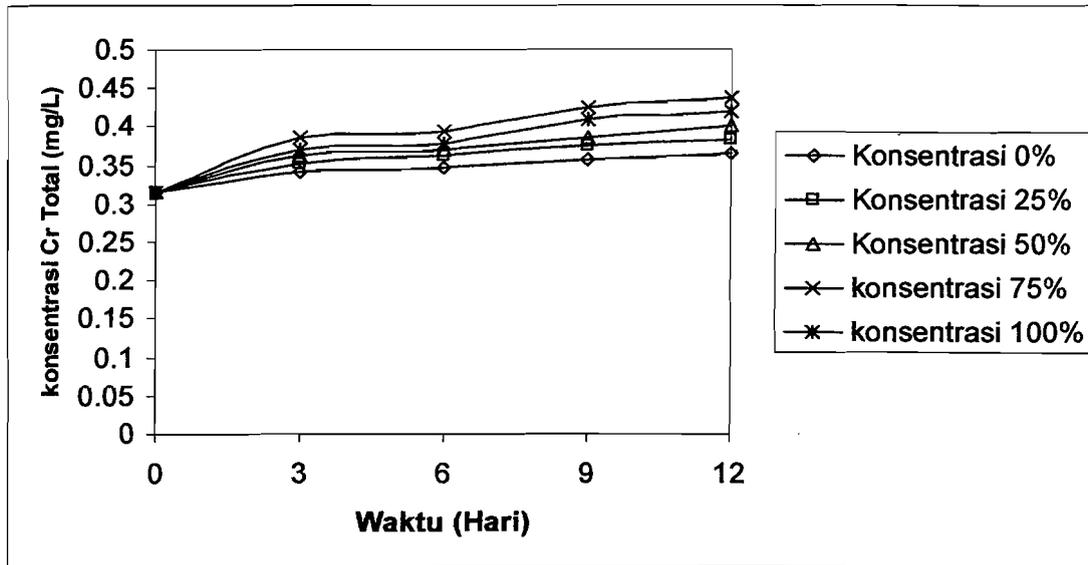
pada tanaman sehingga kemampuan tanaman eceng gondok menyerap logam Cr total menurun yang disebabkan pengaruh konsentrasi limbah yang terlalu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik.

Tabel 4.5 Konsentrasi Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0.314	0.3402	0.3456	0.3578	0.3645
25%	0.314	0.3524	0.3618	0.374	0.3834
50%	0.314	0.3632	0.3699	0.3861	0.401
75%	0.314	0.3861	0.3929	0.4239	0.4374
100%	0.314	0.3686	0.3767	0.4077	0.4199

Sumber : Data primer 2007

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik konsentrasi Cr total baik pada akar maupun pada daun oleh tanaman eceng gondok yang didapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Tanaman Eceng Gondok

Dapat dilihat dari Gambar 4.3 di atas daya serap total tanaman eceng gondok tidak sama antara satu konsentrasi dengan konsentrasi yang lainnya. Penyerapan total terbesar pada konsentrasi 75%, hal ini dikarenakan pada konsentrasi 75% memiliki serapan kandungan kromium yang stabil.

4.2 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Setelah mengetahui konsentrasi total logam Cr total pada tanaman eceng gondok, maka dapat pula diketahui tingkat penyerapan dari tanaman eceng gondok tersebut.

4.2.1 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Akar Eceng Gondok

Berikut ini adalah tabel tingkat penyerapan akar tanaman eceng gondok pada setiap variasi waktu pengambilan sampel.

Tabel 4.6 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

AKAR	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00100	0.00400	0.00900	0.00500
Konsentrasi 25%	0	0.01000	0.00700	0.00900	0.00700
Konsentrasi 50%	0	0.01800	0.00500	0.01200	0.01100
Konsentrasi 75%	0	0.03500	0.00500	0.02300	0.01000
Konsentrasi 100%	0	0.02200	0.00600	0.02300	0.00900

Sumber : Data primer 2007

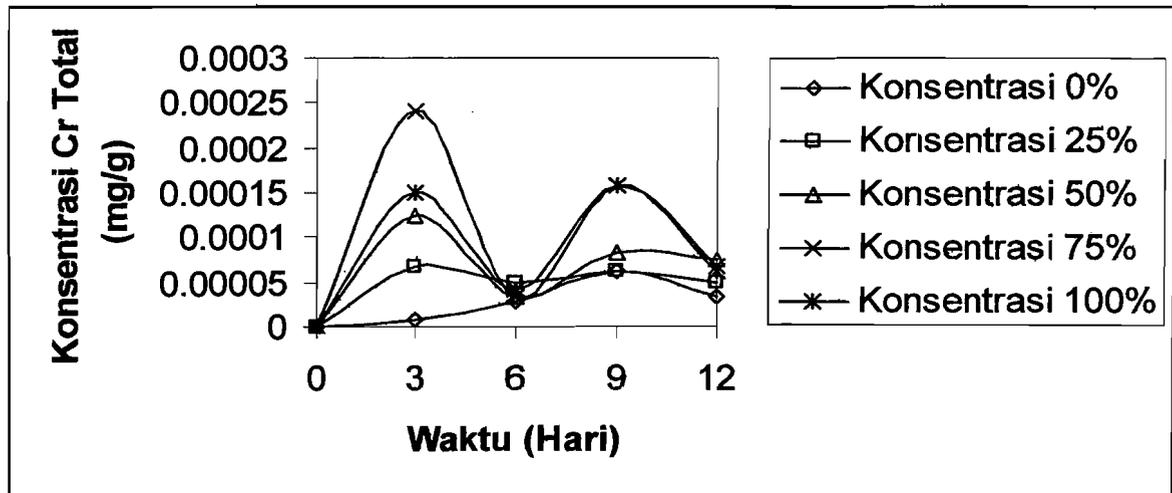
Dibawah ini adalah tabel tingkat penyerapan logam Cr total pada akar tanaman eceng gondok :

Tabel 4.7 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

AKAR	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00001	0.00003	0.00006	0.00003
Konsentrasi 25%	0	0.00007	0.00005	0.00006	0.00005
Konsentrasi 50%	0	0.00012	0.00003	0.00008	0.00008
Konsentrasi 75%	0	0.00024	0.00003	0.00016	0.00007
Konsentrasi 100%	0	0.00015	0.00004	0.00016	0.00006

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.7 di atas menunjukkan akar tanaman eceng gondok mampu menyerap logam Cr total maksimal 0.00024 mg/g pada konsentrasi limbah 75% pada hari ketiga. Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan akar eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.4 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.4 di atas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh akar tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 akar tanaman eceng gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.00001 mg/g , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.00007 mg/g, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.00012 mg/g pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.00024 mg/g dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.00015 mg/g, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan terbesar hari ke-3 pada konsentrasi 75%. Pada hari ke- 12 konsentrasi 25% sampai dengan konsentrasi 100% tingkat penyerapan oleh akar mengalami penurunan, hal ini dikarenakan konsentrasi 25% sampai dengan konsentrasi 100% mengalami kejenuhan yang mengakibatkan daya scrap akar di hari ke-12 semakin menurun.berbeda dengan konsentrasi 0% pada hari ke- 12 akar menyerap maksimal.

4.2.2 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok

Berikut ini adalah tabel tingkat penyerapan daun tanaman eceng gondok pada setiap variasi waktu pengambilan sampel.

Tabel 4.8 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

DAUN	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.02520	0.00140	0.00320	0.00170
Konsentrasi 25%	0	0.02840	0.00240	0.00320	0.00240
Konsentrasi 50%	0	0.03120	0.00170	0.00420	0.00390
Konsentrasi 75%	0	0.03710	0.00180	0.00800	0.00350
Konsentrasi 100%	0	0.03260	0.00210	0.00800	0.00320

Sumber : Data primer 2007

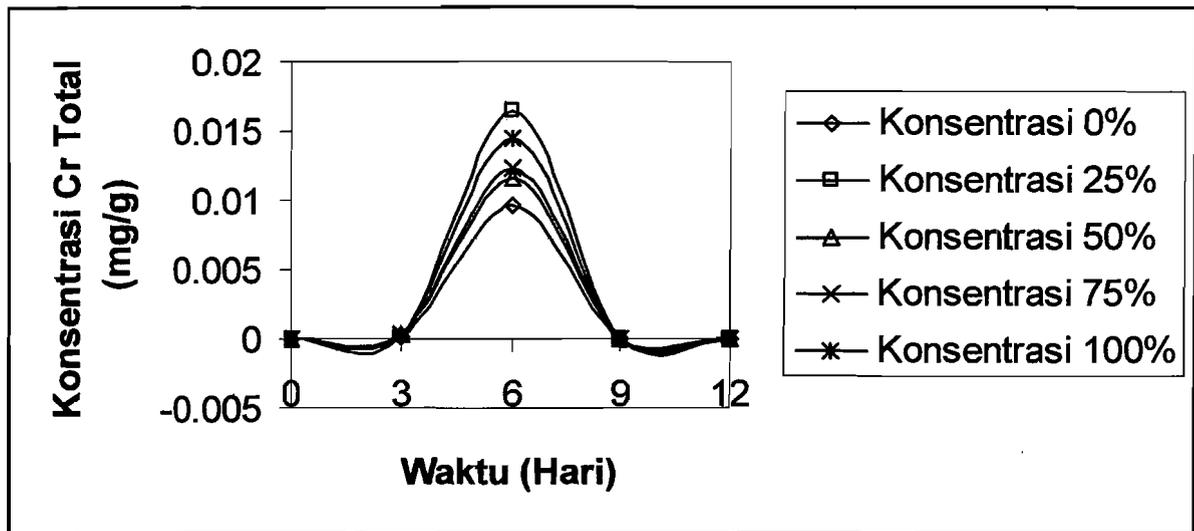
Tabel 4.9 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

DAUN	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00023	0.00962	0.00003	0.00002
Konsentrasi 25%	0	0.00026	0.01650	0.00003	0.00002
Konsentrasi 50%	0	0.00028	0.01169	0.00004	0.00004
Konsentrasi 75%	0	0.00034	0.01238	0.00007	0.00003
Konsentrasi 100%	0	0.00030	0.01444	0.00007	0.00003

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.9 di atas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh daun tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 daun tanaman eceng gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.00023 mg/g, pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.00026 mg/g, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.00028 mg/g pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.00034 mg/g dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.00030 mg/g, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan daun terbesar hari ke-3 pada konsentrasi 75%.

Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan akar eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.5 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

4.2.3 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Berikut ini adalah tabel tingkat penyerapan tanaman (akar dan daun) eceng gondok secara keseluruhan dalam menyerap kandungan logam pada setiap variasi waktu pengambilan sampel.

Tabel 4.10 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.02620	0.00540	0.01220	0.00670
Konsentrasi 25%	0	0.03840	0.00940	0.01220	0.00940
Konsentrasi 50%	0	0.04920	0.00670	0.01620	0.01490
Konsentrasi 75%	0	0.07210	0.00680	0.03100	0.01350
Konsentrasi 100%	0	0.05460	0.00810	0.03100	0.01220

Sumber : Data primer 2007

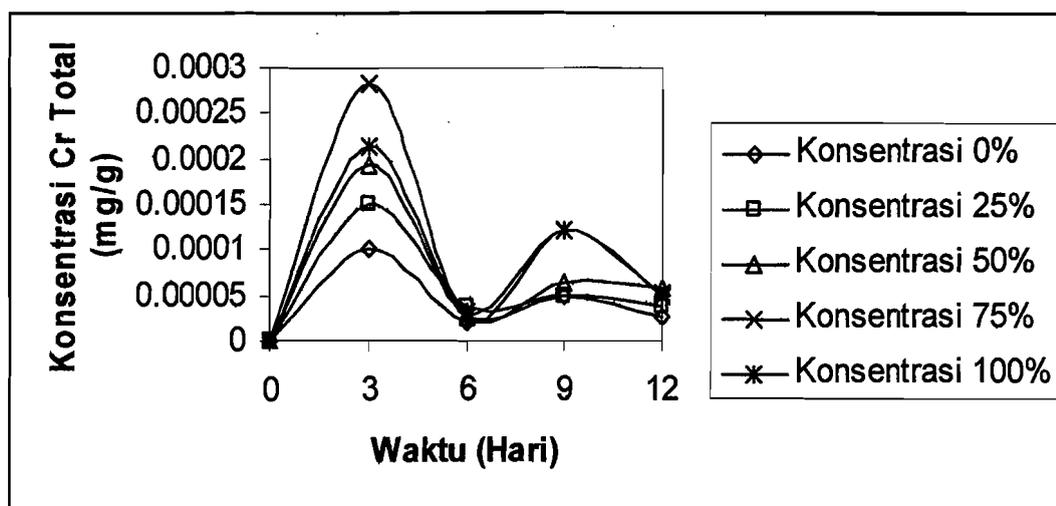
Tabel 4.11 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00010	0.00002	0.00005	0.00003
Konsentrasi 25%	0	0.00015	0.00004	0.00005	0.00004
Konsentrasi 50%	0	0.00019	0.00003	0.00006	0.00006
Konsentrasi 75%	0	0.00028	0.00003	0.00012	0.00005
Konsentrasi 100%	0	0.00021	0.00003	0.00012	0.00005

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.11 dapat diketahui tingkat penyerapan logam Cr total pada tanaman eceng gondok hari ke-12 terbesar pada konsentrasi 50% sebesar 0.00006 mg/g. Dimana kondisi tanaman mengalami pertumbuhan dengan adanya akar-akar baru dan tumbuhnya tunas baru (dapat di lihat pada lampiran C Gambar 7).

Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan total tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.6 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Hasil analisis pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa tingkat penyerapan tanaman eceng gondok logam Cr total mengalami penyerapan kenaikan dan penurunan. Dari Gambar 4.6 diatas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 akar tanaman eceng gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.00010 mg/g , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.00015 mg/g, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.00019 mg/g pada konsentrasi limbah 75% sebesar 0.00028 mg/g dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.00021 mg/g, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan terbesar hari ke-3 pada konsentrasi 75%, dimana tanaman eceng gondok mengalami adaptasi dan mulai menyerap kandungan logam khromium total. Pada hari ke-6 dan hari ke-12 konsentrasi 0% sampai dengan konsentrasi 100% tingkat penyerapan oleh tanaman mengalami penurunan dan pada hari ke-9 konsentrasi 0% sampai dengan konsentrasi 100% mengalami kenaikan.

Tabel 4.12 Hasil Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar dan Daun Tanaman Eceng Gondok Di Hari Ke-12

Konsentrasi Limbah	Serapan terhadap logam Cr total (mg/L)	
	Akar	Daun
0%	0.27	0.0945
25%	0.284	0.0994
50%	0.297	0.1040
75%	0.324	0.1134
100%	0.311	0.0945

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cr total pada akar lebih tinggi dibandingkan dengan daun. Hal ini disebabkan karena akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam Cr total dan akar melalui bulu akar akan

ditransport menuju daun melalui pembuluh kayu (*xylem*) (Dwidjoseputro,1986) kemudian untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan melakukan detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Collins,1999). Akumulasi ion toksik pada akar jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk (Loveless,1987). Di dalam fitoremediasi tanaman eceng gondok termasuk dalam golongan tumbuhan rizofiltrasi. Fitoremediasi berarti penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Dimana rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Sehingga logam Cr total yang terserap oleh tanaman eceng gondok cenderung terakumulasi di akar.

4.2.4 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penurunan Kandungan Logam Cr Total Pada Limbah

Dari Tabel 4.11 di atas dapat diketahui tingkat penyerapan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok, maka dapat kita bandingkan dengan penelitian mengenai penurunan kandungan logam Cr total itu sendiri pada limbah laboratorium kualitas lingkungan. Penurunan kandungan Cr total tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.13 Tingkat Penurunan Kandungan Logam Cr Total Pada Limbah

Konsentrasi Limbah	Penurunan Kandungan Cr total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0	0.0017	0.0083	0	0
25%	0	0.0167	0.0283	0.0090	0
50%	0	0.0300	0.0383	0.0583	0
75%	0	0.0583	0.0667	0.1050	0
100%	0	0.0367	0.0467	0.0850	0.1803

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil perbandingan antara Tabel 4.11 dengan Tabel 4.13 terlihat perbedaan antara besarnya tingkat serapan eceng gondok dengan besarnya tingkat penurunan kandungan logam Cr total pada air limbah.

Zona substrat yaitu tanah pada *Constructed Wetlands* ini ternyata ikut berpengaruh terhadap hasil penelitian. Dapat terlihat pada hari ke-3 dari konsentrasi 100% dengan tingkat penurunan sebesar 0.0367 mg/l dan tingkat penyerapan eceng gondok sebesar 0.05460 mg/l. Disini terlihat tingkat penyerapan eceng gondok lebih besar dibandingkan dengan tingkat penurunan limbah. Hal ini menunjukkan eceng gondok mampu menyerap kandungan logam khromium total dari air limbah sebesar 0.0367 mg/l dan kandungan logam khromium total lainnya dapat berasal dari zona substrat. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada zona substrat yaitu tanah itu sendiri telah mengandung logam Cr total.

4.3 Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

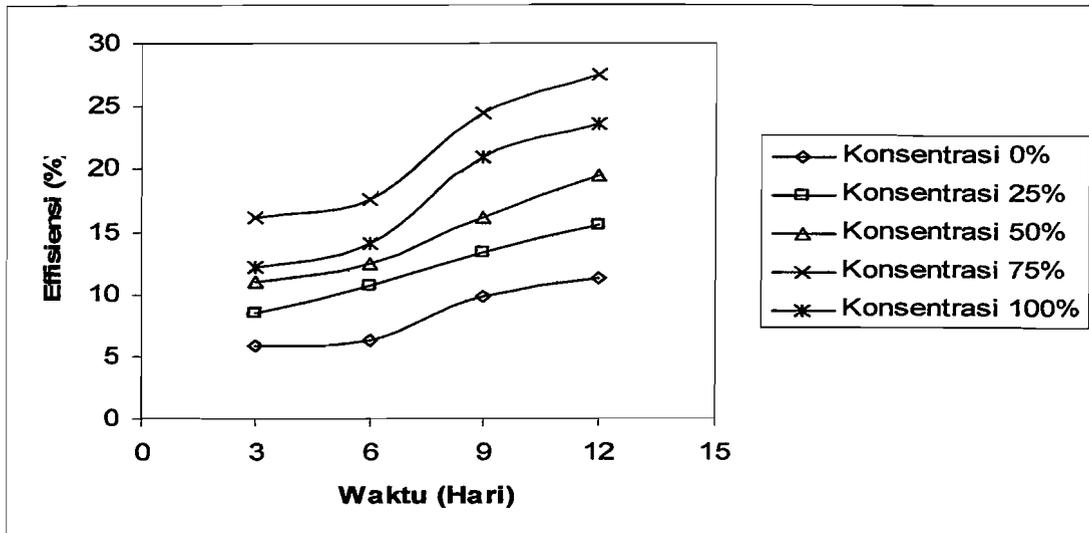
Dari hasil penelitian besarnya penyerapan logam Cr total oleh tanaman dapat dicari effisiensinya dengan cara yang dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.14 Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

No.	Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Waktu			
			3	6	9	12
1	0	%	5.84	6.24	9.76	11.26
2	25	%	8.56	10.66	13.37	15.47
3	50	%	10.97	12.46	16.07	19.39
4	75	%	16.07	17.59	24.50	27.51
5	100	%	12.17	13.98	20.89	23.61

Sumber : Data Primer 2007

Dari Tabel 4.14 diatas maka dapat dibuat grafik effisiensi penyerapan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok yang didapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.7 di atas dapat dilihat bahwa effisiensi penyerapan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok pada hari ke-12 terbesar adalah pada konsentrasi 75%. Kondisi tersebut menyebabkan keadaan eceng gondok pada hari ke-12 menurun yang ditandai dengan perubahan warna daunnya dari hijau segar menjadi coklat kering (Lihat pada lampiran C Gambar 7).

Selain dilakukan penelitian serapan tanaman eceng gondok, juga dilakukan penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok Hasil penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok sebagai berikut:

4.4 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok

Hasil penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok meliputi panjang akar, panjang batang, panjang daun, lebar daun, warna akar, warna batang, warna daun., pH.

Tabel 4.15 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

Fisik	Konsentrasi Limbah (%)	Variasi Morfologi Tanaman												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Panjang Akar (Cm)	0	16	16	16.3	16.3	16.5	16.5	17	17	17	17.5	17.5	18	18
	25	16	16	16	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17	17	17.5	17.5
	50	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17
	75	16	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17
	100	16	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Panjang Daun (Cm)	0	14	14	14	14	14	14.5	15	15	16	16	16	16	16.5
	25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	50	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
	75	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	12.5	12.5	12.5
	100	14	14	14	14	14	14	14	13	13	12.5	12.5	12.5	12.5
Lebar Daun (Cm)	0	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14.5	14.5	14.5
	25	13	13	13	13	13	13	13	13.5	13.5	14	14	14	14
	50	13	13	13	13	12	12	11.5	11.5	11.5	11	11	11	11
	75	13	13	12.5	12	11	11	10	9	9	7.5	7.5	7.5	7.5
	100	13	13	12.5	12	10	10	9	8	7.5	7	7	7	7
Panjang Batang (Cm)	0	40	40	40	40.5	41	41.5	41.5	42	42	42	42.5	43	43
	25	40	40	40	41	41	41.5	41.5	41.5	42	42	42	42	42
	50	40	40	40	40	40	40.5	40.5	41	41	42	42	42	42
	75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	100	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Sumber : Data Primer 2007

Terlihat pada tabel di atas bahwa pertumbuhan akar tanaman eceng gondok sangat tergantung pada tingkat konsentrasi limbah yang digunakan, dimana semakin kecil konsentrasi limbah maka akar tanaman akan semakin panjang. Selain faktor

kandungan logam yang terdapat pada limbah, pengaruh kadar oksigen dalam air limbah juga mempengaruhi pertumbuhan daya serap akar.

Selain penelitian terhadap fisik Tanaman eceng gondok meliputi panjang akar, panjang batang, panjang daun, lebar daun, warna akar, warna batang, warna daun juga dilakukan penelitian terhadap pH. Didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil Penelitian pH Selama 12 Hari

Konsentrasi Limbah (%)	pH Pada Hari Ke-												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
25	6.5	6.5	6.5	6.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
50	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7	7.5	7.5	7.5	7	7	7	7
75	7	7	7	7.5	7.5	8	8	8	8	7.5	7.5	7.5	7.5
100	7	7	7.5	7.5	7.5	8	8	8	8	8	8	8	8

Sumber : Data Primer 2007

Perubahan pH diakibatkan adanya penimbunan logam pada membran sel pada akar tanaman eceng gondok yang membentuk suatu zat pengikat, sehingga apabila penyerapan yang terlalu tinggi atau rendah dapat menaikkan atau menurunkan pH dari tanaman.

Tabel 4.17 Hasil Penelitian Perubahan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

Fisik	Konsentrasi Limbah (%)	Sebelum Penelitian	Sesudah Penelitian
Daun	0	segar, hijau	segar, hijau
	25	segar, hijau	segar, hijau
	50	segar, hijau	layu, kuning ada tumbuh tunas baru
	75	segar, hijau	coklat kering, ada tumbuh tunas baru
	100	segar, hijau	coklat kering
Akar	0	hitam kecoklatan	hitam kecoklatan
	25	hitam kecoklatan	coklat tua, adanya akar-akar baru
	50	hitam kecoklatan	coklat tua, adanya akar-akar baru
	75	hitam kecoklatan	coklat muda
	100	hitam kecoklatan	coklat muda
Batang	0	hijau	hijau
	25	hijau	hijau
	50	hijau	agak layu, berwarna kecoklatan
	75	hijau	layu, kering, berwarna kecoklatan
	100	hijau	layu, kering, berwarna kecoklatan

Sumber : Data Primer 2007

Dari hasil pengamatan Tabel 4.15 dan Tabel 4.17 terlihat bahwa pertumbuhan tanaman eceng gondok pada masing-masing konsentrasi terjadi pertumbuhan yang berbeda-beda pada setiap tanaman. Ini dapat dilihat dari perubahan panjang akar, panjang daun, panjang batang, lebar daun dan penambahan jumlah daun pada tanaman eceng gondok. Hal ini disebabkan karena setiap tanaman memiliki tingkat kemampuan untuk tumbuh yang berbeda-beda setelah tanaman tersebut menyerap logam berat Cr total.

4.5 Uji Statistik Parameter Pencemar

Uji statistik ANOVA bertujuan untuk mengetahui atau menguji berlaku atau tidaknya asumsi uji statistik ANOVA terhadap sampel dari parameter penelitian yang berasal dari nilai varian yang sama berdasarkan tingkat probabilitas diterima $< 0,05 >$ ditolak (Santoso, 2003 dalam Faisal 2005). Tujuan dilakukan uji statistik terhadap kadar parameter yang diteliti dalam penelitian ini adalah untuk memperkuat ketepatan hasil perhitungan analisa laboratorium yang didapat.

4.5.1 Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Untuk mengetahui pengaruh dari berbagai variasi konsentrasi air limbah dan waktu pengambilan sampel limbah terhadap kadar penyerapan parameter Cr total maka dilakukan uji statistik dengan analisa varian dua arah sebagai berikut :

Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.010 ^a	8	.001	17.448	.000
Intercept	1.901	1	1.901	26416.862	.000
WAKTU	.007	4	.002	22.660	.000
LIMBAH	.004	4	.001	12.236	.000
Error	.001	16	.000		
Total	1.912	25			
Corrected Total	.011	24			

a. R Squared = .897 (Adjusted R Squared = .846)

Berdasarkan hasil uji statistik analisa varian dua arah di atas maka didapatkan :

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 12,236 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 22,660 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

4.5.2 Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

Untuk mengetahui pengaruh dari berbagai variasi konsentrasi air limbah dan waktu pengambilan sampel limbah terhadap kadar penyerapan parameter Cr total maka dilakukan uji statistik dengan analisa varian dua arah sebagai berikut :

Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.006 ^a	8	.001	83.249	.000
Intercept	.210	1	.210	23819.710	.000
WAKTU	.005	4	.001	154.232	.000
LIMBAH	.000	4	.000	12.265	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.216	25			
Corrected Total	.006	24			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .965)

Berdasarkan hasil uji statistik analisa varian dua arah di atas maka didapatkan :

- c. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 12,265 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi konsentrasi air limbah.
- d. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 154,232 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok ternyata mampu menyerap konsentrasi kandungan limbah laboratorium selama 12 hari, pada konsentrasi 100% mampu menyerap Cr total dengan efisiensi sebesar 23.61% dari konsentrasi 0.314 mg/L menjadi 0.4199 mg/L
2. Efisiensi serapan tanaman eceng gondok terbesar pada konsentrasi 75% dan waktu kontak hari ke-12 efisiensi serapan logam Cr total pada tanaman eceng gondok sebesar 27.51%, dimana kondisi tanaman masih hidup dan tumbuh tunas baru.
3. Limbah cair laboratorium kualitas lingkungan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok, dimana kondisi tanaman eceng gondok mengalami pertumbuhan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Disarankan untuk melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair laboratorium lingkungan sebelum diolah dengan menggunakan sistem *Constructed Wetlands*.
2. Disarankan untuk mengembangkan penelitian dari segi pengaliran limbah yaitu secara terus-menerus (kontinue) dan variasi tanaman serta mengembangkan penelitian dengan pengujian dampak kontaminan pada tanaman terhadap makhluk hidup.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap tanah sebagai media tumbuh dan hidup tanaman dalam sistem *Constructed Wetlands*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts. G, dan S. Santika, 1987, "*Metodologi Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.
- Amalia. D, dan D. Alia, 2005, "*Studi Keefektifan Penurunan Kromium (Cr6+) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Eceng Gondok*", Jurnal Purifikasi, ITS, Surabaya.
- Amalia M.B.D, 2007, "*Pengolahan Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Memanfaatkan Tanaman Kangkung Air Dalam Sistem Constructed Wetlands*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Andryani.U, 2004, "*Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur Dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Anonim, 1996, "*Penurunan Kadar Cu Pada Limbah Pencucian Perak Dengan Eceng Gondok*", Skripsi STTL YLH, Yogyakarta
- Ardiwinata.R.O., 1985, "*Musuh Dalam Selimut di Rawa Pening*", Kementrian Pertanian, Vorking, Bandung.
- Arifin. Z, 1996, "*Pembudidayaan dan Pemanfaatan Azolla*".
- Baker, A.J.M. (1999). "*Metal Hyperaccumulator Plants a Biological Resources for Exploitation in the Phytoextration of Metal Polluted Soils*". (http://ibewww.epfl.ch/COst837/WG2_abstracts.html) Tanggal 25 Mei 2005, pukul 06.30 WIB
- Bendoriccho, G. ,Dal Cin,L. And Perssonj, 2000, "*Guidelines For Free Water Surface Wetland Design*", Ecosys Bd.
- Benefield, L. D., and Randall C. W, 1980, "*Biological Process Design for Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New York.
- Clitton Potter, M Soeparwadi dan Aulia Gani, 1994, "*Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu*", EMDI, Dalhousie University Canada.

- Crites, R. W, and G. Tchobanoglous, 1998, "*Small and Decentralized Wastewater Management System*", Mc Graw Hill, New York.
- Dhahiyat, 1974, "*Aspek Ekologi Gulma Air Dalam analisa Dampak Lingkungan Kursus Dasar-dasar Analisa Lingkungan*", Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Bandung.
- Dwidjoseputro, 1992, "*Fisiologi Tumbuhan*", PT Gramedia, Jakarta.
- Effendi, H, 2003, "*Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*
- Faisal, 2005, "Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Reaktor Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Eceng Gondok", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Fauji, M.A, 2006, "*Tingkat Penyerapan Nitrat dan Fosfat Dari limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Menggunakan Tanaman Kangkung Air Pada Sistem Constructed Wetlands*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Hakim L, dkk, 2000, "*Modul Praktikum Laboratorium Lingkungan I dan II*", Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Holden, W. S., 1970, "*Water Treatment and Examination*", J and A. Churchill, London. Hartmann, H. T., W. J. Flocker and A. M. Kofranek. 1981. "*Plant Science*", Prentice Hall, Inc. New Jersey. p.206-215.
- Jack M. Whetstone, and D. Lamar Robinette, 1999, "*Algae Problem in Water Gardens*", Clemson University, in [www. Hgic.clemson.edu](http://www.Hgic.clemson.edu)
- Jumin, 1989, "*Ekologi Tanaman*", Rajawali Press Jakarta.
- Mahida, U.N., 1984, "*Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*", CV Rajawali, Jakarta.
- Marianto, L.A. SP. 2003, "*Tanaman Air*", Agro Media Pustaka.
- Marschner, H. 1986. "*Mineral Nutrition in Higher Plants*", Academic Press Inc, London Ltd. 674p.
- Merz, S.K, 2000, Guidelines for : *Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*, Departement of Natural Resources, Birsbone.

- Metcalf & Eddy, 1993, "*Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*" , Mc Graw – Hill Comp.
- Pandey.B.P.,1980, *Plant Anatomi*, S Chard dan Co, Ltdramnage, New Delhi.
- Sastroutomo, 1991, "*Ekologi Gulma*", Gramedia, Jakarta.
- Syafi'i. I.A, 2007, "*Penyerapan Logam Khrom (Cr) Pada Limbah Penyamakan Kulit Dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)*" , Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Tania.I, 2006, "*Penurunan konsentrasi bod, cod, tss dan ph limbah cair industri pembuatan tahu dengan constructed wetlands yang menggunakan tanaman paku air (azolla pinnata)* ". Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Tjitrosomo.S.S., 1983, "*Botani Umum II*" , Angkasa Bandung.
- Wardhana, W.A., 2001, "*Dampak Pencemaran Lingkungan*", Andi Offset, Jogjakarta.
- Widianto. L.S, 1986, "*The Effect Of Heavy Metal On The Growth Of Water Hyacinth*", Proceed Syimposium on Pest Ecology and Pest management, Seameo-Biotrop, Bogor, indonesia.
- www. Menlh. go.id / usaha – kecil, "*Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah*"

Hasil Analisis Logam Cr Total

LAMPIRAN A



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA KROM

Pengirim : Ria Fapriani

Tanggal Penerimaan : Januari 2006.

Sample : Tanaman enceng gondok

No	Sample	Absorbans	Konsentrasi (ppm)
1	Akar	0,0028	0,251
2	Daun	0,0003	0,063

Keterangan :

tt = tidak terdeteksi

Mengetahui,
Kepala Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEJIAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 439622

HASIL ANALISA KROM TOTAL

: Suci Wulandari

Penerimaan : Januari 2007

No	Sample 0 hari	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	0%	0,0001	0,012
2	25%	0,0008	0,054
3	50%	0,0010	0,1528
4	75%	0,0018	0,2399
5	100%	0,0046	0,4486



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

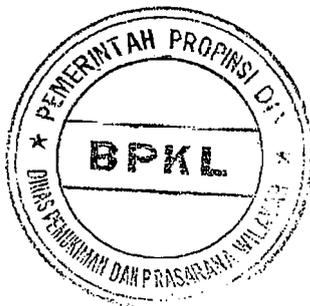
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

1: Ria Fapriyanie
(Daun) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0005	0,0882	0,0005	0,0893
2	25%	0,0005	0,0914	0,0005	0,0924
3	50%	0,0006	0,0942	0,0006	0,0956
4	75%	0,0006	0,1001	0,0006	0,1019
5	100%	0,0006	0,0956	0,0006	0,0970

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

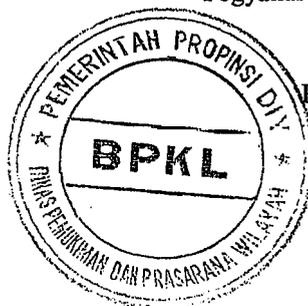
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

pengirim : Ria Fapriyanie

sample : (Daun) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0005	0,0896	0,0005	0,0903
2	25%	0,0006	0,0938	0,0006	0,0952
3	50%	0,0006	0,0959	0,0006	0,0984
4	75%	0,0006	0,1019	0,0007	0,1025
5	100%	0,0006	0,0977	0,0006	0,0984

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

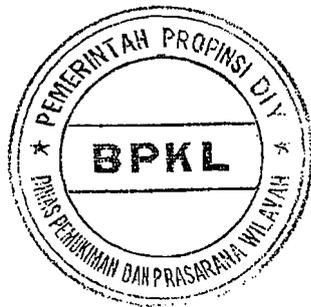
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Ria Fapriyanie

Sample : (Daun) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0005	0,0928	0,0006	0,0938
2	25%	0,0006	0,0970	0,0006	0,0984
3	50%	0,0006	0,1001	0,0006	0,1022
4	75%	0,0007	0,1099	0,0007	0,1106
5	100%	0,0007	0,1057	0,0007	0,1071

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

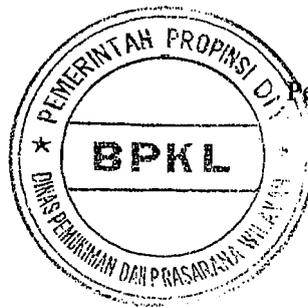
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Ria Fapriyanie

Sample : (Daun) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0006	0,0945	0,0006	0,0959
2	25%	0,0006	0,0994	0,0006	0,1012
3	50%	0,0007	0,1040	0,0007	0,1068
4	75%	0,0008	0,1134	0,0008	0,1159
5	100%	0,0007	0,1089	0,0007	0,1113

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



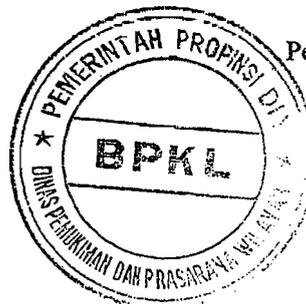
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

n : Ria Fapriyanie
s : (Akar) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0023	0,252	0,0023	0,255
2	25%	0,0024	0,261	0,0024	0,264
3	50%	0,0024	0,269	0,0025	0,273
4	75%	0,0026	0,286	0,0027	0,291
5	100%	0,0025	0,273	0,0025	0,277

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Analisis : Ria Fapriyanie
Sampel : (Akar) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0023	0,256	0,0023	0,258
2	25%	0,0024	0,268	0,0025	0,272
3	50%	0,0025	0,274	0,0026	0,281
4	75%	0,0027	0,291	0,0027	0,293
5	100%	0,0026	0,279	0,0026	0,281

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

n : Ria Fapriyanie
(Akar) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0024	0,265	0,0025	0,268
2	25%	0,0025	0,277	0,0026	0,281
3	50%	0,0026	0,286	0,0027	0,292
4	75%	0,0030	0,314	0,0030	0,316
5	100%	0,0028	0,302	0,0029	0,306

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWOHARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

n : Ria Fapriyanie
: (Akar) 12 hari

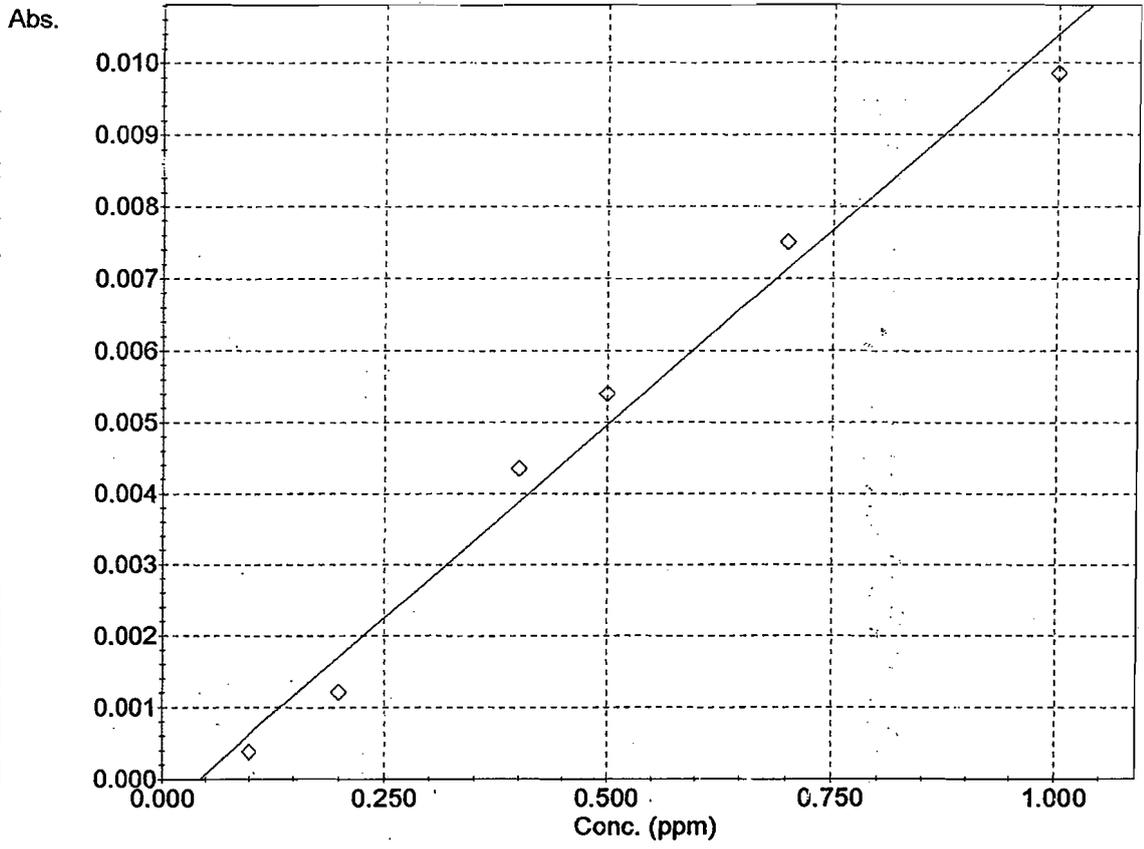
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0025	0,270	0,0025	0,274
2	25%	0,0026	0,284	0,0027	0,289
3	50%	0,0028	0,297	0,0029	0,305
4	75%	0,0031	0,324	0,0031	0,331
5	100%	0,0029	0,311	0,0030	0,318

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



$Abs.=0.0108678Conc+-0.000465725$
 $r=0.9913$

Conc.	Abs.
0.1000	0.0004
0.2000	0.0012
0.4000	0.0044
0.5000	0.0054
0.7000	0.0075
1.0000	0.0099

Kondisi Pertumbuhan Tanaman
Eceng Gondok Selama 12 Hari

LAMPIRAN B

Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok

Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12.5 cm	0	13	7.5
ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7.5
ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x10 cm	0	13	7.5
ke-5	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x10cm	0	13	8
ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x8cm	0	13	8
ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	8
ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8

ke-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Kecoklatan, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8
ke-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8
ke-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna coklat, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	1	12	8

Sumber : Data Primer 2007

pada Jah %	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12.5 cm	0	13	7
ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7.5
ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x11 cm	0	13	7.5
ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x11cm	0	13	8
ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x10cm	0	13	8
ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5

ce-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5
ce-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, setengah kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5
ce-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, ada tumbuh tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5

Sumber : Data Primer 2007

Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok						
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	6.5
5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7
6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 14x11.5cm	0	13	7.5
7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 41 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 14x11.5cm	0	13	7.5
8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 41 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 13x11.5cm	0	13	7.5
9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7

ke-10	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7
ke-11	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7
ke-12	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7

Sumber : Data Primer 2007

pada bah %	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13.5 cm	0	13	7
ke-8	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13.5 cm	0	13	7
ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x14cm	0	13	7

e-10	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7
e-11	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7
e-12	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7

Sumber : Data Primer 2007

Jumlah %	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14.5 cm	0	13	6.5
ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x15 cm	0	13	6.5
ke-8	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x15 cm	0	13	6.5

e-9	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
e-10	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
e-11	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 18 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 43 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
e-12	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, Adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 18 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 43 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16.5 cm	0	13	6.5

Sumber : Data Primer 2007

Dokumentasi Reaktor Penelitian

LAMPIRAN C



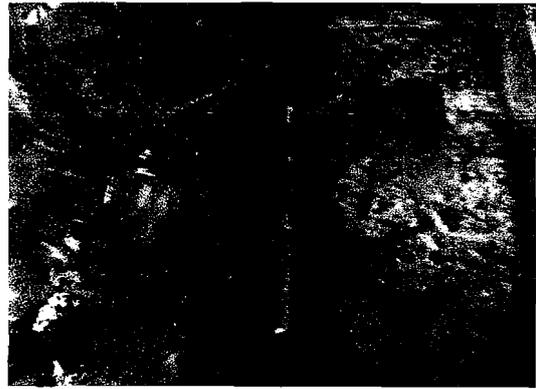
Gambar 1. Eceng Gondok Sebelum Perlakuan



Gambar 2. Limbah Sebelum Perlakuan



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%

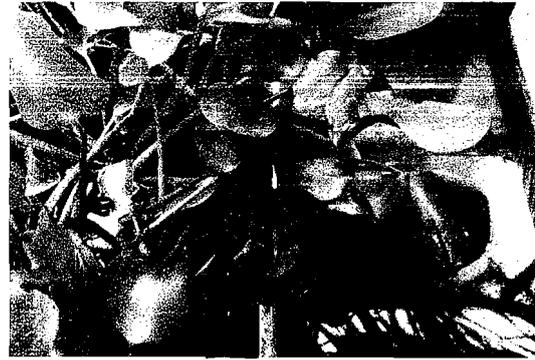


e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 3. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-0



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%

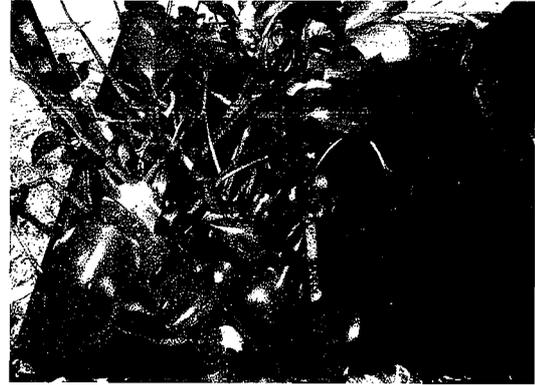


e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 4. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-3



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%

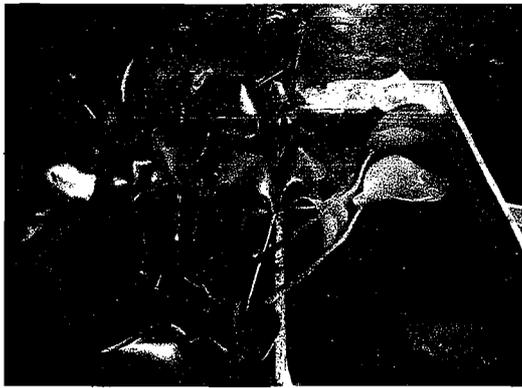


d) Konsentrasi Limbah 50%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 5. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-6



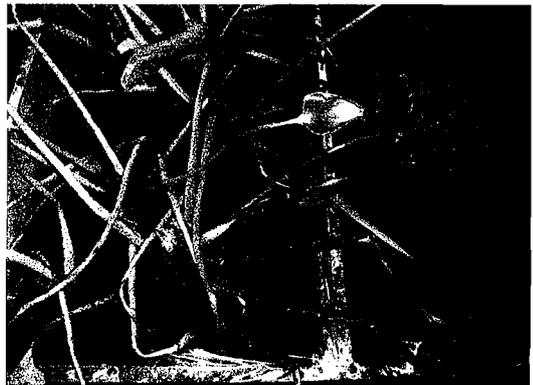
a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 6. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-9



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 7. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-12

Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol
Selama 12 Hari

LAMPIRAN D

TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 100 %

Hari pada reaktor Control 100%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-3	Terjadi pembusukan Air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-4	Terjadi pembusukan Air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, mulai tumbuh jentik	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, air berlemak, tumbuh jentik	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air agak berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, lemak pada air semakin berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8

Sumber : Data Primer 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH RAKTOR KONTROL 75 %

Hari pada aktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
75 %				
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat muda	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, Air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, Air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, Mulai tumbuh jentik	Berbau	Kuning muda	7,5
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, Tumbuh jentik	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, Jentik semakin banyak	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan Air berlemak banyak	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8

Sumber : Data Primer 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 50 %

Hari pada aktor Control 50 %	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan	7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air agak berlemak	Berbau	Kuning agak bening	7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik sedikit, air agak berlemak	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak pada air agak berkurang	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, lemak pada air hanya sedikit, pada air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik semakin banyak	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8

Sumber : Data Primer 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 25 %

Hari pada Reaktor Control 25 %	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda kekuningan	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning	7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning muda	7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik, lemak pada air mulai berkurang	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak hilang	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih	7

Sumber : Data Primer 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 0 %

Hari pada Reaktor Control 0 %	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-1	Normal	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-2	Normal	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-3	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-4	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-5	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-6	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening	6,5
Hari ke-7	Normal	Tidak berbau	Bening	7
Hari ke-8	Normal	Tidak berbau	Bening	7
Hari ke-9	Normal	Tidak berbau	Bening	7
Hari ke-10	Normal	Tidak berbau	Bening	7
Hari ke-11	Normal	Tidak berbau	Bening	7
Hari ke-12	Normal	Tidak berbau	Bening	7

Sumber : Data Primer 2007

Analisa Statistik

LAMPIRAN E

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.010 ^a	8	.001	17.448	.000
Intercept	1.901	1	1.901	26416.862	.000
WAKTU	.007	4	.002	22.660	.000
LIMBAH	.004	4	.001	12.236	.000
Error	.001	16	.000		
Total	1.912	25			
Corrected Total	.011	24			

a. R Squared = .897 (Adjusted R Squared = .846)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.AKAR

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 hari	3 hari	-.017200*	.0053653	.038	-.033637	-.000763
		6 hari	-.022600*	.0053653	.005	-.039037	-.006163
		9 hari	-.037800*	.0053653	.000	-.054237	-.021363
		12 hari	-.046200*	.0053653	.000	-.062637	-.029763
	3 hari	0 hari	.017200*	.0053653	.038	.000763	.033637
		6 hari	-.005400	.0053653	.849	-.021837	.011037
		9 hari	-.020600*	.0053653	.011	-.037037	-.004163
		12 hari	-.029000*	.0053653	.000	-.045437	-.012563
	6 hari	0 hari	.022600*	.0053653	.005	.006163	.039037
		3 hari	.005400	.0053653	.849	-.011037	.021837
		9 hari	-.015200	.0053653	.077	-.031637	.001237
		12 hari	-.023600*	.0053653	.004	-.040037	-.007163
	9 hari	0 hari	.037800*	.0053653	.000	.021363	.054237
		3 hari	.020600*	.0053653	.011	.004163	.037037
		6 hari	.015200	.0053653	.077	-.001237	.031637
		12 hari	-.008400	.0053653	.538	-.024837	.008037
	12 hari	0 hari	.046200*	.0053653	.000	.029763	.062637
		3 hari	.029000*	.0053653	.000	.012563	.045437
		6 hari	.023600*	.0053653	.004	.007163	.040037
		9 hari	.008400	.0053653	.538	-.008037	.024837
Bonferroni	0 hari	3 hari	-.017200	.0053653	.055	-.034648	.000248
		6 hari	-.022600*	.0053653	.007	-.040048	-.005152
		9 hari	-.037800*	.0053653	.000	-.055248	-.020352
		12 hari	-.046200*	.0053653	.000	-.063648	-.028752
	3 hari	0 hari	.017200	.0053653	.055	-.000248	.034648
		6 hari	-.005400	.0053653	1.000	-.022848	.012048
		9 hari	-.020600*	.0053653	.014	-.038048	-.003152
		12 hari	-.029000*	.0053653	.001	-.046448	-.011552
	6 hari	0 hari	.022600*	.0053653	.007	.005152	.040048
		3 hari	.005400	.0053653	1.000	-.012048	.022848
		9 hari	-.015200	.0053653	.120	-.032648	.002248
		12 hari	-.023600*	.0053653	.004	-.041048	-.006152
	9 hari	0 hari	.037800*	.0053653	.000	.020352	.055248
		3 hari	.020600*	.0053653	.014	.003152	.038048
		6 hari	.015200	.0053653	.120	-.002248	.032648
		12 hari	-.008400	.0053653	1.000	-.025848	.009048
	12 hari	0 hari	.046200*	.0053653	.000	.028752	.063648
		3 hari	.029000*	.0053653	.001	.011552	.046448
		6 hari	.023600*	.0053653	.004	.006152	.041048
		9 hari	.008400	.0053653	1.000	-.009048	.025848

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.AKAR

WAKTU	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b} 0 hari	5	.251000			
3 hari	5		.268200		
6 hari	5		.273600	.273600	
9 hari	5			.288800	.288800
12 hari	5				.297200
Sig.		1.000	.849	.077	.538

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.AKAR

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.009400	.0053653	.433	-.025837	.007037
		50%	-.016600*	.0053653	.047	-.033037	-.000163
		75%	-.034400*	.0053653	.000	-.050837	-.017963
		100%	-.024400*	.0053653	.003	-.040837	-.007963
	25%	0%	.009400	.0053653	.433	-.007037	.025837
		50%	-.007200	.0053653	.671	-.023637	.009237
		75%	-.025000*	.0053653	.002	-.041437	-.008563
		100%	-.015000	.0053653	.083	-.031437	.001437
	50%	0%	.016600*	.0053653	.047	.000163	.033037
		25%	.007200	.0053653	.671	-.009237	.023637
		75%	-.017800*	.0053653	.031	-.034237	-.001363
		100%	-.007800	.0053653	.604	-.024237	.008637
	75%	0%	.034400*	.0053653	.000	.017963	.050837
		25%	.025000*	.0053653	.002	.008563	.041437
		50%	.017800*	.0053653	.031	.001363	.034237
		100%	.010000	.0053653	.374	-.006437	.026437
	100%	0%	.024400*	.0053653	.003	.007963	.040837
		25%	.015000	.0053653	.083	-.001437	.031437
		50%	.007800	.0053653	.604	-.008637	.024237
		75%	-.010000	.0053653	.374	-.026437	.006437
Bonferroni	0%	25%	-.009400	.0053653	.989	-.026848	.008048
		50%	-.016600	.0053653	.070	-.034048	.000848
		75%	-.034400*	.0053653	.000	-.051848	-.016952
		100%	-.024400*	.0053653	.003	-.041848	-.006952
	25%	0%	.009400	.0053653	.989	-.008048	.026848
		50%	-.007200	.0053653	1.000	-.024648	.010248
		75%	-.025000*	.0053653	.003	-.042448	-.007552
		100%	-.015000	.0053653	.130	-.032448	.002448
	50%	0%	.016600	.0053653	.070	-.000848	.034048
		25%	.007200	.0053653	1.000	-.010248	.024648
		75%	-.017800*	.0053653	.044	-.035248	-.000352
		100%	-.007800	.0053653	1.000	-.025248	.009648
	75%	0%	.034400*	.0053653	.000	.016952	.051848
		25%	.025000*	.0053653	.003	.007552	.042448
		50%	.017800*	.0053653	.044	.000352	.035248
		100%	.010000	.0053653	.808	-.007448	.027448
	100%	0%	.024400*	.0053653	.003	.006952	.041848
		25%	.015000	.0053653	.130	-.002448	.032448
		50%	.007800	.0053653	1.000	-.009648	.025248
		75%	-.010000	.0053653	.808	-.027448	.007448

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.AKAR

		N	Subset		
LIMBAH			1	2	3
Tukey HSD ^{a, b}	0%	5	.258800		
	25%	5	.268200	.268200	
	50%	5		.275400	
	100%	5		.283200	.283200
	75%	5			.293200
	Sig.			.433	.083

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.006 ^a	8	.001	83.249	.000
Intercept	.210	1	.210	23819.710	.000
WAKTU	.005	4	.001	154.232	.000
LIMBAH	.000	4	.000	12.265	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.216	25			
Corrected Total	.006	24			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .965)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.DAUN

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 hari	3 hari	-.030900*	.0018761	.000	-.036648	-.025152
		6 hari	-.032780*	.0018761	.000	-.038528	-.027032
		9 hari	-.038100*	.0018761	.000	-.043848	-.032352
		12 hari	-.041040*	.0018761	.000	-.046788	-.035292
	3 hari	0 hari	.030900*	.0018761	.000	.025152	.036648
		6 hari	-.001880	.0018761	.851	-.007628	.003868
		9 hari	-.007200*	.0018761	.011	-.012948	-.001452
		12 hari	-.010140*	.0018761	.000	-.015888	-.004392
	6 hari	0 hari	.032780*	.0018761	.000	.027032	.038528
		3 hari	.001880	.0018761	.851	-.003868	.007628
		9 hari	-.005320	.0018761	.077	-.011068	.000428
		12 hari	-.008260*	.0018761	.004	-.014008	-.002512
	9 hari	0 hari	.038100*	.0018761	.000	.032352	.043848
		3 hari	.007200*	.0018761	.011	.001452	.012948
		6 hari	.005320	.0018761	.077	-.000428	.011068
		12 hari	-.002940	.0018761	.537	-.008688	.002808
12 hari	0 hari	.041040*	.0018761	.000	.035292	.046788	
	3 hari	.010140*	.0018761	.000	.004392	.015888	
	6 hari	.008260*	.0018761	.004	.002512	.014008	
	9 hari	.002940	.0018761	.537	-.002808	.008688	
Bonferroni	0 hari	3 hari	-.030900*	.0018761	.000	-.037001	-.024799
		6 hari	-.032780*	.0018761	.000	-.038881	-.026679
		9 hari	-.038100*	.0018761	.000	-.044201	-.031999
		12 hari	-.041040*	.0018761	.000	-.047141	-.034939
	3 hari	0 hari	.030900*	.0018761	.000	.024799	.037001
		6 hari	-.001880	.0018761	1.000	-.007981	.004221
		9 hari	-.007200*	.0018761	.015	-.013301	-.001099
		12 hari	-.010140*	.0018761	.001	-.016241	-.004039
	6 hari	0 hari	.032780*	.0018761	.000	.026679	.038881
		3 hari	.001880	.0018761	1.000	-.004221	.007981
		9 hari	-.005320	.0018761	.119	-.011421	.000781
		12 hari	-.008260*	.0018761	.004	-.014361	-.002159
	9 hari	0 hari	.038100*	.0018761	.000	.031999	.044201
		3 hari	.007200*	.0018761	.015	.001099	.013301
		6 hari	.005320	.0018761	.119	-.000781	.011421
		12 hari	-.002940	.0018761	1.000	-.000041	.003161
12 hari	0 hari	.041040*	.0018761	.000	.034939	.047141	
	3 hari	.010140*	.0018761	.001	.004039	.016241	
	6 hari	.008260*	.0018761	.004	.002159	.014361	
	9 hari	.002940	.0018761	1.000	-.003161	.009041	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.DAUN

WAKTU	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b} 0 hari	5	.063000			
3 hari	5		.093900		
6 hari	5		.095780	.095780	
9 hari	5			.101100	.101100
12 hari	5				.104040
Sig.		1.000	.851	.077	.537

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.DAUN

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.003300	.0018761	.429	-.009048	.002448
		50%	-.005820*	.0018761	.046	-.011568	-.000072
		75%	-.012040*	.0018761	.000	-.017788	-.006292
		100%	-.008560*	.0018761	.003	-.014308	-.002812
	25%	0%	.003300	.0018761	.429	-.002448	.009048
		50%	-.002520	.0018761	.670	-.008268	.003228
		75%	-.008740*	.0018761	.002	-.014488	-.002992
		100%	-.005260	.0018761	.081	-.011008	.000488
	50%	0%	.005820*	.0018761	.046	.000072	.011568
		25%	.002520	.0018761	.670	-.003228	.008268
		75%	-.006220*	.0018761	.031	-.011968	-.000472
		100%	-.002740	.0018761	.600	-.008488	.003008
	75%	0%	.012040*	.0018761	.000	.006292	.017788
		25%	.008740*	.0018761	.002	.002992	.014488
		50%	.006220*	.0018761	.031	.000472	.011968
		100%	.003480	.0018761	.379	-.002268	.009228
	100%	0%	.008560*	.0018761	.003	.002812	.014308
		25%	.005260	.0018761	.081	-.000488	.011008
		50%	.002740	.0018761	.600	-.003008	.008488
		75%	-.003480	.0018761	.379	-.009228	.002268
Bonferroni	0%	25%	-.003300	.0018761	.977	-.009401	.002801
		50%	-.005820	.0018761	.068	-.011921	.000281
		75%	-.012040*	.0018761	.000	-.018141	-.005939
		100%	-.008560*	.0018761	.003	-.014661	-.002459
	25%	0%	.003300	.0018761	.977	-.002801	.009401
		50%	-.002520	.0018761	1.000	-.008621	.003581
		75%	-.008740*	.0018761	.003	-.014841	-.002639
		100%	-.005260	.0018761	.127	-.011361	.000841
	50%	0%	.005820	.0018761	.068	-.000281	.011921
		25%	.002520	.0018761	1.000	-.003581	.008621
		75%	-.006220*	.0018761	.044	-.012321	-.000119
		100%	-.002740	.0018761	1.000	-.008841	.003361
	75%	0%	.012040*	.0018761	.000	.005939	.018141
		25%	.008740*	.0018761	.003	.002639	.014841
		50%	.006220*	.0018761	.044	.000119	.012321
		100%	.003480	.0018761	.821	-.002621	.009581
	100%	0%	.008560*	.0018761	.003	.002459	.014661
		25%	.005260	.0018761	.127	-.000841	.011361
		50%	.002740	.0018761	1.000	-.003361	.008841
		75%	-.003480	.0018761	.821	-.009581	.002621

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.DAUN

	LIMBAH	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	0%	5	.085620		
	25%	5	.088920	.088920	
	50%	5		.091440	
	100%	5		.094180	.094180
	75%	5			.097660
	Sig.		.429	.081	.379

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Contoh Hasil Perhitungan
Konversi Cr Total

LAMPIRAN F

Cr total yang terdapat pada tanaman eceng gondok dapat dihitung dengan persamaan 1.3 di bawah ini

- ✓ Konsentrasi 0% pada hari ke-3

Diketahui :

Berat daun eceng gondok = 64 gr

Volume air yang digunakan = 250 mL

Hasil dari laboratorium = 0,02620 mg/L

Menghitung konsentrasi Cr total pada akar tanaman eceng gondok

$$\begin{aligned}
 C_2 &= C_1 \times (V_{\text{air}}/W_{\text{akar}}) \\
 &= 0,02620 \text{ mg/L} \times (0,25/64) \\
 &= 0,00010 \text{ mg/gr}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.5 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.02620	0.00540	0.01220	0.00670
Konsentrasi 25%	0	0.03840	0.00940	0.01220	0.00940
Konsentrasi 50%	0	0.04920	0.00670	0.01620	0.01490
Konsentrasi 75%	0	0.07210	0.00680	0.03100	0.01350
Konsentrasi 100%	0	0.05460	0.00810	0.03100	0.01220

Tabel 1.6 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00010	0.00002	0.00005	0.00003
Konsentrasi 25%	0	0.00015	0.00004	0.00005	0.00004
Konsentrasi 50%	0	0.00019	0.00003	0.00006	0.00006
Konsentrasi 75%	0	0.00028	0.00003	0.00012	0.00005
Konsentrasi 100%	0	0.00021	0.00003	0.00012	0.00005

Cr total yang terdapat pada daun tanaman eceng gondok dapat dihitung dengan persamaan 1.2 di bawah ini

- ✓ Konsentrasi 0% pada hari ke-3

Diketahui :

Berat daun eceng gondok = 27,5 gr

Volume air yang digunakan = 250 mL

Hasil dari laboratorium = 0,02520 mg/L

Menghitung konsentrasi Cr total pada akar tanaman eceng gondok

$$\begin{aligned}
 C_2 &= C_1 \times (V_{\text{air}}/W_{\text{akar}}) \\
 &= 0,02520 \text{ mg/L} \times (0,25/27,5) \\
 &= 0,00023 \text{ mg/gr}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.3 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

DAUN	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.02520	0.00140	0.00320	0.00170
Konsentrasi 25%	0	0.02840	0.00240	0.00320	0.00240
Konsentrasi 50%	0	0.03120	0.00170	0.00420	0.00390
Konsentrasi 75%	0	0.03710	0.00180	0.00800	0.00350
Konsentrasi 100%	0	0.03260	0.00210	0.00800	0.00320

Tabel 1.4 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

DAUN	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00023	0.00962	0.00003	0.00002
Konsentrasi 25%	0	0.00026	0.01650	0.00003	0.00002
Konsentrasi 50%	0	0.00028	0.01169	0.00004	0.00004
Konsentrasi 75%	0	0.00034	0.01238	0.00007	0.00003
Konsentrasi 100%	0	0.00030	0.01444	0.00007	0.00003

Hasil Perhitungan Konversi Cr Total

Cr total yang terdapat pada akar tanaman eceng gondok dapat dihitung dengan persamaan 1.1 di bawah ini :

- ✓ Konsentrasi 0% pada hari ke-3

Diketahui :

Berat akar eceng gondok = 36,5 gr

Volume air yang digunakan = 250 mL

Hasil dari laboratorium = 0,00100 mg/L

Menghitung konsentrasi Cr total pada akar tanaman eceng gondok

$$\begin{aligned}
 C_2 &= C_1 \times (V_{\text{air}}/W_{\text{akar}}) \\
 &= 0,00100 \text{ mg/L} \times (0,25/36,5) \\
 &= 0,00001 \text{ mg/gr}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.1 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

AKAR	Tingkat penyerapan Cr total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00100	0.00400	0.00900	0.00500
Konsentrasi 25%	0	0.01000	0.00700	0.00900	0.00700
Konsentrasi 50%	0	0.01800	0.00500	0.01200	0.01100
Konsentrasi 75%	0	0.03500	0.00500	0.02300	0.01000
Konsentrasi 100%	0	0.02200	0.00600	0.02300	0.00900

Tabel 1.2 Tingkat Penyerapan Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

AKAR	Tingkat penyerapan Cr total (mg/gr)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.00001	0.00003	0.00006	0.00003
Konsentrasi 25%	0	0.00007	0.00005	0.00006	0.00005
Konsentrasi 50%	0	0.00012	0.00003	0.00008	0.00008
Konsentrasi 75%	0	0.00024	0.00003	0.00016	0.00007
Konsentrasi 100%	0	0.00015	0.00004	0.00016	0.00006

Baku Mutu

LAMPIRAN G

Air Minum —→ KepMenKes No. 907/MENKES/SK/VII/2002

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik Pengujian
	FISIKA			
1.	Bau	-	tidak berbau	Organoleptik
2.	Rasa	-	normal	Organoleptik
3.	Warna	TCU	maks. 15	Spektrofotometri
4.	Total Padatan Terlarut (TDS)	mg/l	maks. 1000	Gravimetri
5.	Kekeruhan	NTU	maks. 5	Spektrofotometri
6.	Suhu	°C	Suhu udara \pm 3°C	Termometer
	KIMIA			
7.	Besi (Fe)	mg/l	maks 0.3	AAS
8.	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/l	maks. 500	Titrimetri
9.	Klorida (Cl)	mg/l	maks 250	Argentometri
10.	Mangan (Mn)	mg/l	maks 0.1	AAS
11.	pH	-	6.5 - 8.5	pH meter
12.	Seng (Zn)	mg/l	maks. 8	AAS
13.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	maks 250	Spektrofotometri
14.	Tembaga (Cu)	mg/l	maks. 1	AAS
15.	Klorin (Cl ₂)	mg/l	maks. 5	Titrimetri
16.	Amonium (NH ₄)	mg/l	maks 0.15	Spektrofotometri (Nesler)
	KIMIA ANORGANIK			
17.	Arsen (As)	mg/l	maks. 0.01	AAS
18.	Fluorida (F)	mg/l	maks 1.5	Spektrofotometri
19.	Krom heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	maks 0.05	AAS

20.	Kadmium (Cd)	mg/l	maks. 0.003	AAS
21.	Nitrat (NO ₃)	mg/l	maks 50	Spektrofotometri (Brusin)
22.	Nitrit (NO ₂)	mg/l	maks 3	Spektrofotometri (NED)
23.	Sianida (CN)	mg/l	maks 0.07	Destilasi
24.	Timbal (Pb)	mg/l	maks. 0.01	AAS
25.	Raksa (Hg)	mg/l	maks 0.001	AAS
	MIKROBIOLOGI			
24.	E. Coli	APM/100ml	negatif	MPN
25.	Total Bakteri Koliform	APM/100ml	negatif	MPN

Limbah Cair Industri —→ Kep. Gub. Jabar No. 6 Tahun 1999

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair*)		Teknik Pengujian
			Gol. I	Gol. II	
FISIKA					
1	Temperatur	°C	38	40	Termometer
2	Zat padat terlarut	mg/l	2000	4000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	200	400	Gravimetri
KIMIA					
1	pH	-	6.0-9.0	6.0-9.0	pH meter
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10	AAS
3	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5	AAS
4	Barium (Ba)	mg/l	2	3	-
5	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3	AAS
6	Seng (Zn)	mg/l	5	10	AAS
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0.1	0.5	AAS
8	Krom Total (Cr)	mg/l	0.5	1	AAS
9	Cadmium (Cd)	mg/l	0.05	0.1	AAS
10	Raksa (Hg)	mg/l	0.002	0.005	AAS
11	Timbal (Pb)	mg/l	0.1	1	AAS
12	Stanum (Sn)	mg/l	2	3	-
13	Arsen (As)	mg/l	0.1	0.5	AAS
14	Selenium (Se)	mg/l	0.05	0.5	AAS
15	Nikel (Ni)	mg/l	0.2	0.5	AAS

16	Kobalt (Co)	mg/l	0.4	0.6	AAS
17	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0.5	Destilasi
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0.05	0.1	Spektrophotometer
19	Fluorida (F)	mg/l	2	3	Spektrophotometri
20	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2	Argentometri
21	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	1	5	Spektrophotometri (Nesler)
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30	Spektrophotometri (Brusin)
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3	Spektrophotometri (NED)
24	BOD ₅	mg/l	50	150	Titrimetri/Winkler
25	COD	mg/l	100	300	Reflux Kalium dikromat
26	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10	Spektrophotometri
27	Fenol	mg/l	0.5	1	Titrimetri
28	Minyak nabati	mg/l	5	10	Ekstraksi / Gravimetri
29	Minyak mineral	mg/l	10	50	Ekstraksi / Gravimetri
30	Radioaktivitas*)	-	-	-	-

Badan Air —→ Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Badan Air Kelas I *)	Teknik Pengujian
	FISIKA			
1	Temperatur	°C	-	Temperatur
2	Zat padat terlarut	mg/l	1000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	50	Gravimetri
	KIMIA ANORGANIK			
4	pH	-	6 - 9	pH meter
5	BOD	mg/l	2	Titrimetri/winkler
6	COD	mg/l	10	Reflux kalium dikromat
7	DO	mg/l	6	DO meter
8	Total Fosfat	mg/l	0.2	Spektrofotometri
9	NO ₃ -N	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
10	NH ₃ -N	mg/l	0.5	Spektrometri (Nesler)
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-
12	Kobalt (Co)	mg/l	0.2	AAS
13	Barium (Ba)	mg/l	1	-
14	Boron (B)	mg/l	1	-
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	AAS
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	AAS
17	Khrom (VI)	mg/l	0.05	AAS
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0.02	AAS
19	Besi (Fe)	mg/l	0.3	AAS
20	Timbal (Pb)	mg/l	0.03	AAS
21	Mangan (Mn)	mg/l	0.1	AAS

22	Air Raksa (Hg)	mg/l	0.001	AAS
23	Seng (Zn)	mg/l	0.05	AAS
24	Khlorida (Cl ⁻)	mg/l	600	Titrimetri
25	Sianida (CN)	mg/l	0.02	Destilasi
26	Flourida (F)	mg/l	0.5	Spektrofotometri
27	Nitrit (NO ₂)	mg/l	0.06	Spektrofotometri (NED)
28	Sulfat (SO ₄)	mg/l	400	Spektrofotometri
29	Khlorin Bebas (Cl ₂)	mg/l	0.03	Titrimetri
30	Belerang sebagai H ₂ S	mg/l	0.002	Spektrofotometri
	KIMIA ORGANIK			
31	Minyak dan Lemak	mg/l	1000	Ekstraksi/gravimetri
32	Detergen sebagai MBAS	mg/l	200	Spektrofotometri
33	Fenol	mg/l	1	Titrimetri
	MIKROBIOLOGI			
34	Fecal Coliform	Jumlah per 100 ml	100	MPN
35	Total Coliform	Jumlah per 100 ml	1000	MPN

Analisis Logam Dengan Metode AAS

LAMPIRAN H



ANALISIS LOGAM Mn, Pb, Cu, Cd, Cr, Ni, Fe, dan Zn DI DALAM AIR DAN LIMBAH CAIR DENGAN METODE AAS

1. Alat dan bahan

1.1 Alat

Alat-alat yang diperlukan adalah :

1. spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190 - 870 nm dan lebar celah 0,2 - 2 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) pemanas listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- 3) pipet mikro 250, 500, dan 1000 μ L,
- 4) labu ukur 50 dan 1000 mL,
- 5) gelas ukur 100 mL
- 6) gelas piala 100 mL,
- 7) pipet takaran 5 dan 10 mL,
- 8) tabung reaksi 20 mL,
- 9) kaca arloji berdiameter 5 cm.

1.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan adalah:

- 1) kemasan larutan logam Fe, Pb, Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, dan Cr masing-masing 1000 mg/L
- 2) asam nitrat, HNO₃ pekat,
- 3) Larutan kalsium karbonat



- 4) saringan membran berpori 0,45 μm ;
- 5) gas asetilen,
- 6) air suling atau air demineralisasi yang bebas logam.

2. Pengendalian Mutu Analisis

Jika prosedur pengendalian mutu yang khusus tidak tersedia, maka prosedur dibawah ini direkomendasikan untuk dilaksanakan :

1. Blanko reagen dianalisis sekali untuk 1 set sampel
2. Matriks spike dianalisis paling tidak 1 kali dalam 1 set sampel, tiap jenis matriks yang berbeda harus dispiki
3. Air reagen atau spike matriks reagen dianalisis sebanyak 5 % dari jumlah sampel yang dianalisis
4. Sampel pemeriksaan pengendalian mutu dianalisis dalam bentuk duplikat sebagai sampel " blind " paling tidak dilakukan 2 kali dalam setahun
5. Standar peineriksaan pengendalian mutu dianalisis sebanyak 5 % dari satu set sampel
6. Standar duplikat atau duplikat matriks spike dianalisis paling tidak sekali atau sebanyak 5 % dari jumlah sampel dari berbagai jenis matriks dalam satu set sampel
7. Standar kalibrasi lanjut dianalisis sebanyak 5 % dari sampel yang ada dalam 1 set (Prosedur ini dapat menggantikan butir 5)

3. Analisis

Analisis meliputi persiapan analisis, penentuan contoh uji dan cara uji.

Persiapan analisis

Pembuatan larutan induk



Buat larutan induk logam mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) tuangkan larutan logam sebanyak 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL, tambahkan HNO_3 (1+1) 10 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

Catatan: biasanya larutan induk 1000 mg/L dapat dibeli dalam kemasan atau dapat juga disiapkan sendiri

Pembuatan larutan standar

- 1) encerkan larutan induk 1000mg/L menjadi 10 mg/L;
- 2) pipet masing - masing sejumlah larutan di atas (no. 1) dan masukkan masing - masing ke dalam labu ukur 100 mL;
- 3) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar logam sebagai berikut:
0,0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,0 ; 2,0 mg/L

Pembuatan kurva kalibrasi

Dalam persiapan peralatan diperlukan langkah - langkah sebagai berikut:

- 1) atur alat SSA dan optimalkan untuk pengukuran logam Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn dan Pb sesuai dengan petunjuk penggunaan alat;
- 2) isapkan larutan standar satu persatu kedalam alat SSA melalui pipa kapiler, kemudian baca dan catat masing-masing serapan masuknya; mulai pada konsentrasi rendah,
- 3) apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih dari 2 % periksa alat dan ulangi langkah 1) dan 2) apabila perbedaan lebih kecil atau sama dengan 2 % rata - ratakan hasilnya;
- 4) buat kurva kalibrasi dari data di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.



Penentuan contoh uji

Penentuan logam terlarut dan logam total adalah sbb:

A) Pengujian Logam terlarut

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- a) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air SK SNI M - 02 - 1989 - F;
- b) saring 100 mL contoh uji secara duplo dengan saringan membran berpori 0,45 μ m, air saringan merupakan benda uji,
- c) masukkan benda uji ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 20 mL,
- d) benda uji siap diuji.

B) Pengujian Logam Total

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- a) sediakan contoh uji yang diambil sesuai dengan metode pengambilan Contoh Uji Kualitas,
- b) kocok contoh uji dan ukur 50 mL secara duplo, kemudian masukkan masing - masing ke dalam gelas piala 100 mL;
- c) tambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan panaskan perlahan - lahan sampai sisa volumenya 15 - 20 mL
- d) tambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji dan panaskan lagi,
- e) lanjutkan penambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, atau sampai larutan menjadi bening,
- f) tambah lagi 2 mL asam nitrat pekat dan panaskan kira kira 10 menit,
- g) bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam labu ukur 50 mL, tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera;
- h) pindahkan benda uji ke dalam tabung reaksi,



- i) benda uji siap diuji.

CATATAN:

- 1) Sebaiknya analisis logam - logam tersebut di dalam air dilakukan sebagai logam total. Karena, secara umum kondisi air sungai dan air limbah di Indonesia mempunyai kekeruhan yang tinggi. Biasanya dalam air yang keruh logam-logam berada dalam bentuk hidrat dan atau bentuk kelat, oleh karena itu logam - logam tersebut harus dirombak terlebih dahulu menjadi ion - ion bebas. Selain itu bila dalam kondisi keruh dianalisis sebagai logam terlarut, maka akan memberikan hasil yang tidak representatif.
- 2) Apabila terdapat padatan setelah proses akhir pada pengujian logam total, maka sebaiknya dilakukan penyaringan dengan membran 0,4 μm . Hal tersebut dilakukan untuk menghindari penyumbatan pada saluran aspirator alat SSA, yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan pada alat tersebut.
- 3) Kusus untuk analisa logam Fe dan Mn ditambahkan kalsium karbonat 10 % sebanyak 2 ml

Cara uji

Uji kadar Mn, dengan tahap sebagai berikut:

- 1) aspirasikan atau masukkan benda uji satu per satu ke dalam alat SSA melalui pipa kapiler,
- 2) baca dan catat serapan masuknya.

4. Perhitungan

Hitung kadar logam dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus dan perhatikan hal-hal berikut:



- 1) Perhitungan kadar didasarkan pada rata - rata hasil pengukuran dengan ketentuan selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2 %.
- 2) Apabila hasil perhitungan kadar logam lebih besar dari konsentrasi tertinggi standar, ulangi pengujian dengan mengencerkan benda uji,
- 3) Apabila hasil perhitungan kadar logam lebih kecil dari konsentrasi terkecil standar, ulangi pengujian dengan menggunakan metode ekstraksi atau metode Tungku Karbon.

5. Daftar pustaka

B. Freedman, 1989, *Environmental Ecology*.

Duffus, J.H, 1980, *Environmental Toxicology*.

ILO, 1983, *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Kumpulan SNI, 1990.

Manual for Spill of Hazardous Material, 1984, *Environmental Protection Service, Canada*.

UNEP, ILO, WHO, 1989, *Health and Safety Guide*.

Waldbott, G., 1973, *Health Effects of Environmental Pollutants*.

WHO, 1976, *Health Hazard in Human Environmental*.