

SKRIPSI

UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (*FIMBRISTYLIS GLOBULOSA*) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON

(Studi kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)



Oleh :

MIFTAH ARISTA TAQLIM

08.26.013

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2013

REQUIREMENTS

CONSTITUTIONAL PROVISIONS REGARDING STATE POLICE
THE STATE POLICE DEPARTMENT SHALL BE A
PART OF THE EXECUTIVE BRANCH OF GOVERNMENT
AND SHALL BE SUBJECT TO THE CONTROL OF THE GOVERNOR
AND THE COMMISSIONERS OF THE STATE POLICE DEPARTMENT

SECTION 100
SECTION 101

SECTION 102
SECTION 103
SECTION 104
SECTION 105



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM
NIM : 0826013
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (*FIMBRISTYLIS GLOBULOSA*) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON
(Studi kasus : Industri "Roemah Cetak" di Kec. Wagir, Kab. Malang)

Dipertahankan Di Hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Kamis

Tanggal : 22 Agustus 2013

Dengan Nilai : **B⁺** (72,28)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP.Y. 1030300382

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I

Anis Artiyani ST. MT
NIP. P. 103030084

PENGUJI II

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

REKORSAHIBAH

REKORSAHIBAH

REKORSAHIBAH : REKORSAHIBAH

Taqlim, Miftah Arista, Sudiro, Hendriarianti Evy 2013. “Uji Kemampuan Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) Untuk Menurunkan Kandungan Konsentrasi Cod Dan Warna Pada Air Limbah Industri Sablon” (Studi Kasus : Industri Sablon “Roemah Cetak” Di Kecamatan Wagir, Kab. Malang).. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Pencemaran lingkungan merupakan suatu proses atau keadaan di mana komposisi dan keadaan lingkungan secara langsung atau tidak langsung mengalami perubahan akibat suatu aktivitas manusia, sehingga fungsi dari lingkungan tersebut menjadi berubah pula. Terjadinya pencemaran selalu diikuti dengan perubahan sifat kimia, fisika dan biologinya. Secara visual, terjadinya pencemaran dapat dilihat dengan adanya perubahan warna, bau atau kekeruhan yang akhirnya menyebabkan fungsi dari lingkungan tersebut menjadi berubah pula. Parameter wajib yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran oleh air buangan limbah Sablon adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), Warna.

Penelitian ini menggunakan reaktor kontinyu dengan tanaman air yaitu Mendong (*Fimbristylis Globulosa*), dengan variasi kepadatan tanaman yaitu 6, dan 8 tanaman/ 150 cm² dan variasi pengambilan sampel jam ke- 60,80,100, dan 120 dengan 2 parameter uji yaitu COD dan Warna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi COD terbesar pada reaktor uji dengan kepadatan 8 tanaman/150 cm² menggunakan aliran kontinyu serta lama waktu operasional 120 jam, yaitu 87,2 % dan konsentrasi akhir COD sebesar 63,66 mg/l. Penurunan warna terbesar pada reaktor uji dengan kepadatan 8 tanaman/150 cm² menggunakan aliran kontinyu serta lama waktu operasional 120 jam, yaitu 95,12 % dan konsentrasi akhir Warna sebesar 0,53 Pt.Co. Hasil konsentrasi akhir COD dan warna sudah memenuhi standart baku mutu berdasarkan SKGUB Jatim No. 45 Tahun 2002.

Kata kunci: Aliran Kontinyu , COD, Limbah Sablon, Mendong (*Fimbristylis Globulosa*), Warna.



Taqlim, Miftah Arista, Sudiro, Hendriarianti Evy 2013. "Ability Test Plant Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) To Lose Concentration Ingredients COD And Color In Wastewater Prints Industry" (Case Study: Prints Industrial "Roemah Cetak" In District Wagir, Kab. Malang). Thesis Department of Environmental Engineering National Institute of Technology Malang.

ABSTRACT

Environmental pollution is a process or a state in which the composition and state of the environment directly or indirectly altered by a human activity, so that the function of the environment to be changed anyway. Contamination always followed by a change in the nature of chemistry, physics and biology. Visually, the contamination can be seen by the change in color, odor or turbidity which eventually led to the function of the environment to be changed anyway. Mandatory parameters that can indicate contamination by sewage Sablon is Chemical Oxygen Demand (COD), Color.

This study uses a continuous reactor with water plants that Mendong (*Fimbristylis Globulosa*), with variations in plant density is 6, and 8 plants / 150 cm² and sampling variation-hour to 60, 80, 100, and 120 with the 2 test parameters COD and color.

The results showed that the decrease in COD concentration in the reactor test site at a density of 8 plant/150 cm² using a continuous flow and a long operating time of 120 hours, which is 87.2% and the final concentration of COD was 63.66 mg / l. Greatest decrease in color density test reactor with 8 plant/150 cm² using a continuous flow and a long operating time of 120 hours, which is 95.12% and the final concentration of colour 0.53 Pt.Co. Results final concentration of COD and color already meet the standard of quality standards based SKGUB eastern Java No.. 45 of 2002.

Keywords: COD, Colour, Continuous Flow, Mendong (*Fimbristylis Globulosa*), Prints Waste Water.

KATA PENGANTAR

Puji syukur aas kehadirat Allah SWT, Tuhan yang maha esa . penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Uji Kemampuan Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) Untuk Menurunkan Konsentrasi COD Dan Warna Pada Air Limbah Industri Sablon”**.

Skripsi ini disusun setelah melalui proses penelitian, analisa data dan pembahasan. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak Yuli sebagai pemilik “*Roemah Cetak*” yang telah memberikan izin pengambilan limbah sablon.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, Agustus 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI

ABSTRACT

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB IPENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Industri Sablon	5
2.2 Sumber Air Limbah	9
2.2.1 Sumber Air Limbah Industri.....	9
2.2.2 Karakteristik Air Buangan Industri	10
2.2.3 Limbah Industri Sablon.....	11
2.3 Fitoremediasi.....	16
2.3.1 Pengertian Fitoremediasi	16
2.3.2 Jenis - Jenis Tumbuhan Air Yang Berpotensi Sebagai Pengolah.....	13
2.3.2.1 Gulma.....	16
2.3.2.2 Mendong (<i>Fimbristylis Globulosa</i>).....	19

2.3.3	Media Tumbuh (Substrat).....	20
2.3.4	Unsur Hara Yang Dibutuhkan	20
2.3.5	Fotosintesis	21
2.3.6	Temperatur.....	22
2.3.7	Mikroorganisme.....	23
2.4	Parameter Tinjauan Dalam Proses Pengolahan Limbah Industri	23
2.4.1	Parameter Fisik.....	13
2.4.1.1	Warna.....	23
2.4.1.2	Bau	24
2.4.1.3	Suhu	25
2.4.1.4	Kekeruhan	25
2.4.2	Parameter Kimia.....	26
2.4.2.1	PH	26
2.4.2.2	Logam Berat.....	26
2.4.2.3	Biological Oksigen Demand (BOD).....	28
2.4.2.4	Chemical Oksigen Demand (COD).....	29
2.4.3	Parameter Biologi.....	30
2.5	Metode Pengolahan Data	31
2.5.1	Deskriptif dan Inferensi.....	31
2.5.2	Statistik.....	31
2.5.2.1	Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial.....	32
2.5.2.2	Analisis Korelasi.....	33
2.5.2.3	Analisis Regresi	33
BAB III METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Lokasi Penelitian.....	35
3.2	Peralatan Dan Bahan Penelitian.....	35
3.2.1	Peralatan Penelitian.....	35
3.2.2	Bahan Penelitian	36
3.3	Variabel Penelitian.....	38
3.4	Prosedur Penelitian	38
3.4.1	Pengambilan Sampel Dan Penanganan Sampel	38

3.4.2	Pelaksanaan Penelitian	39
3.4.3	Analisis Pendahuluan	39
3.5	Aklimatisasi	39
3.6	Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.7	Metode Analisis	42
3.7.1	Analisis COD	42
3.7.2	Analisis Warna	42
3.8	Analisa Data Dan Pembahasan.....	42
3.9	Kerangka Penelitian.....	43
BAB IV. DATA ANALISIS dan PEMBAHASAN.....		45
4.1	Karakteristik limbah cair Industri Sablon.....	45
4.2	Konsentrasi COD Limbah Cair Sablon Setelah Pengolahan.....	45
4.2.1	Analisis Deskriptif.....	47
4.2.2	Analisis ANOVA.....	48
4.2.3	Analisis Korelasi	49
4.2.4	Analisis Regresi	51
4.3	Analisis Penurunan Konsentrasi Warna.....	55
4.3.1	Analisis Deskriptif	55
4.3.2	Analisis ANOVA.....	58
4.3.3	Analisis Korelasi.....	59
4.3.4	Analisis Regresi.....	60
4.4	Pembahasan.....	63
4.4.1	Aklimatisasi.....	63
4.4.2	Substrate (Media Tanam).....	64
4.4.3	Penurunan Konsentrasi COD dan Warna Pada Air Limbah Sablon.....	65
BAB V. Kesimpulan Dan Saran		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mendong (<i>Fimbristylis Globulosa</i>).....	19
Gambar 3.1 Bak Kontrol.....	35
Gambar 3.2 Reaktor Uji.....	36
Gambar 3.3 Tong Penampung Limbah (Lokasi Sampling).....	37
Gambar 3.4 Kerangka Penelitian	44
Gambar 4.1 Grafik Penurunan Konsentrasi COD Akhir Pengolahan.....	46
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan COD Terhadap Waktu Operasional..	41
Gambar 4.3 Grafik Penurunan Konsentrasi Warna Akhir Pengolahan	56
Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Warna Terhadap Waktu Operasional	57
Gambar 4.5 Simulasi Proses Fitoremediasi.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jens Cat Yang Digunakan Dalam Proses Sablon.....	7
Tabel 2.2	Teknik Pencampuran Cat Untuk Proses Pewarnaan.....	8
Tabel 2.3	Klasifikasi Limbah Sablon.....	14
Tabel 2.4	Perbandingan Konsentrasi Limbah Sablon Terhadap Baku mutu SK.GUB JATIMN NO.45 2002.....	16
Tabel 4.1	Nilai Konsentrasi Hasil Analisis Awal Air Limbah Industri Sablon....	45
Tabel 4.2	Konsentrasi COD setelah Pengolahan	45
Tabel 4.3	% Penurunan Konsentrasi COD setelah Pengolahan.....	46
Tabel 4.4	Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Varisasi Kepadatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi COD.....	48
Tabel 4.5	Klasifikasi Pearson Korelasi.....	50
Tabel 4.6	Korelasi Antara Waktu Operasional, Variabel Kepadatan Tanaman Dan Persentase Penurunan Konsentrasi COD	50
Tabel 4.7	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD.....	52
Tabel 4.8	Hasil Uji Kelinearian Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD	52
Tabel 4.9	Konsentrasi Warna Setelah Proses Pengolahan.....	55
Tabel 4.10	Persentase Penurunan Konsentrasi Warna.....	56
Tabel 4.11	Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Varisasi Kepadatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi Warna.....	58
Tabel 4.12	Korelasi Antara Waktu Operasional, Variabel Kepadatan Tanaman Dan Persentase Penurunan Konsentrasi Warna	59
Tabel 4.13	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Warna.....	61
Tabel 4.14	Hasil Uji Kelinearian Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Warna.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta aplikasinya, maka aktivitas manusia dalam memperbaiki taraf hidupnya semakin meningkat pula. Hal ini dapat memberikan dampak terhadap lingkungan, karena menyebabkan kualitas lingkungan berubah secara dinamis yang diakibatkan oleh adanya peningkatan kuantitas buangan dan penurunan kualitas buangan hasil aktivitas manusia (Widyaningtyas.A, 2007).

Perusakan lingkungan hidup adalah tindakan orang yang menimbulkan perubahan langsung atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup sehingga melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup (Pasal 1, point 10, UURI No. 32, 2009).

Hasil analisa awal, Air buangan industri sablon atau percetakan di Wagir Kabupaten Malang merupakan salah satu sumber pencemar yang dapat merusak dan menurunkan kualitas lingkungan. Dapat dilihat Parameter utama yang menunjukkan terjadinya pencemaran berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002, oleh air buangan industri sablon atau percetakan adalah mengandung warna (65,05 Pt.Co), TSS (290,0 mg/l), BOD (727,0 mg/l), COD (2870 mg/l), dan Cr Total (<0,0204 mg/) (Hasil Analisa Jasa Tirta, 2012).

Penelitian pengolahan air limbah pulp dan kertas dengan proses sistem lahan basah yang menggunakan tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*) telah dilakukan dalam skala laboratorium pengaruh dan potensi tanaman telah dipelajari melalui pengamatan efisiensi pengolahan air limbah dan juga efeknya terhadap kualitas tanah serta pertumbuhan tanaman. Hasil percobaan (Sri Purwati, 2007) menunjukkan bahwa dengan menggunakan tanaman dalam sistem lahan basah dapat efisiensi reduksi kandungan pencemar dalam air limbah. Pada laju beban organik 0,5 gr COD/m³ hari, dengan waktu tinggal 30 jam dapat meningkatkan reduksi kandunagan warna , TSS, COD, BOD, lignin dan natrium. Selain itu diperoleh hasil bahwa tanaman mendong mempunyai kemampuan menyerap

logam berat khususnya Chromium (Cr) dan Cadmium (Cd) yang terkandung dalam air limbah tersebut (<http://www.bbpk.Mendong.pdf>).

Di Indonesia penerapan WWG (*Waste Water Garden*) bermula di Bali, dan terkenal dengan sebutan Taman Buangan Air Limbah (Taman BALI) dengan menggunakan jenis tanaman lokal yang sering dijumpai dan mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami. Jenis tanaman air seperti mendong, eceng gondok, kiambang, kangkung dan teratai telah banyak diketahui dan dilakukan penelitian kemampuan fitoremediasinya (R. Irawanto, 2011).

Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode konvensional lain untuk menanggulangi masalah pencemaran seperti biaya operasional relative murah, tanaman bisa dengan mudah dikontrol pertumbuhannya, kemungkinan penggunaan kembali polutan yang bernilai seperti emas (*Phytomining*), merupakan cara remediasi yang paling aman bagi lingkungan karena memanfaatkan tumbuhan, Memelihara keadaan alami lingkungan (<http://digilib-ampl.net/file/pdf/fitoremediasi.pdf>)

Jenis tanaman yang banyak ditemukan dalam kolam air limbah di negara berkembang ialah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Pada penelitian terdahulu menunjukkan manfaat Eceng Gondok dapat menurunkan konsentrasi COD dan menurunkan kandungan warna dalam limbah tekstil. Konsentrasi COD dengan efisiensi penurunan sebesar 88,06 % (1088,5 mg/l menjadi 170 mg/l) dan untuk kandungan warna efisiensi penurunan sebesar 94,03 % (15,59 Pt.CO menjadi 0,93 Pt.CO), dengan waktu detensi optimum 144 jam (Renianti Galla, 2008). Apabila dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002, yaitu konsentrasi COD sebesar 150 mg/l, maka kualitas air limbah setelah perlakuan belum memenuhi baku mutu yang ada. Dengan demikian akan dilakukan analisa kemampuan dan efektifitas tanaman mendong, dengan modifikasi reactor, kepadatan tanaman uji dan lamanya waktu detensi untuk menurunkan konsentrasi COD dan warna.

Pada penelitian ini akan menggunakan tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*) untuk mengetahui efisiensi dan efektifitasnya dalam menurunkan konsentrasi COD dan warna pada air limbah industri sablon.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar kemampuan tanaman Mendong dalam mengurangi konsentrasi COD dan warna pada air limbah sablon?
2. Seberapa kepadatan optimum tanaman mendong untuk menurunkan konsentrasi COD dan warna pada air limbah sablon?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemampuan tanaman mendong dalam mengurangi konsentrasi COD dan warna pada air limbah sablon.
2. Menentukan kepadatan tanaman mendong yang optimum untuk menurunkan konsentrasi COD dan warna pada air limbah sablon.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium, dalam penelitian penurunan konsentrasi COD dan Warna akan menggunakan Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*). Perlakuan awal yaitu dilakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui konsentrasi awal COD dan warna, setelah dilakukan penelitian pendahuluan maka dilanjutkan pada proses pengadaptasian tanaman terhadap uji terhadap air limbah. Sampel air limbah yang digunakan adalah sampel yang berasal dari air limbah industri sablon. Adapun parameter utama dan variasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Parameter utama yang diteliti adalah:
 - ❖ Penurunan kandungan konsentrasi COD.
 - ❖ Penurunan kandungan warna.
2. Parameter Penunjang
 - ❖ pH media tanam.
 - ❖ Temperature media tanam.

3. Variasi yang dilakukan adalah:

- ❖ **Variasi jumlah tanaman mendong**
- ❖ **Variasi waktu operasional**

BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Industri sablon

Cetak sablon merupakan proses stensial untuk memindahkan suatu citra keatas berbagai jenis media atau bahan cetak seperti :kertas, kayu, metal, kaca, kain, plastik, kulit dan lain- lain. Teknik penyablonan terdiri dari 5 langkah yaitu :

1. Membuat master Gambar

Langkah pertama dalam teknik sablon adalah membuat master gambar atau tulisan yang akan dicetak pada obyek sablon. Gambar atau tulisan dapat dibuat secara manual dengan gambar tangan. Namun, akan lebih baik jika dibuat dengan bantuan computer yakni dengan menggunakan program desain seperti *corel draw*, *Adobe Photoshop*, *Adobe Indesign* dan *Adobe illustrator*. Kemudian, gambar yang sudah dibuat di computer dicetak pada kerta seputih atau kertas kalkir dengan menggunakan tinta hitam. Hasil cetakan gambar itulah yang disebut master gambar yang akan dipindahkan ke screen untuk membuat film afdruk.

2. Mengafdruk Screen

Mengafdruk secreen adalah memindahkan gambar master ke screen. Screen yang akan diafdruk harus screen yang masih polos dan kering. Pada proses ini kita akan melakukan 3 tahap yaitu :

a. Pemberian obat afdruk pada screen

Tahap pemberian obat, alat- alat yang kita butuhkan antara lain berupa:

- Screen
- Obat afdruk (merk di pasaran : ulano 569 ataupun Bremol RN-200)
- Hair dryer
- Alat perata screen



Berikut proses pemberian obat afdruk pada screen:

- Pertama, kita siapkan obat afdruk dengan cara mencampur cairan merah dan putih (dosis sesuai anjuran di kotak produksinya)
- Kedua, setelah obat tersebut tercampur dengan rata tuangkan sedikit demi sedikit pada *screen* dan ratakan setipis-tipisnya.
- Ketiga, *screen* tersebut dikeringkan dengan menggunakan *Hair Dryer* atau kipas angin atau boleh juga sekedar diangin - anginkan di ruang tertutup. Saat proses pengeringan, *screen* ini tidak boleh terkena sinar matahari, untuk itu harus dilakukan di ruang tertutup.

b. Penyinaran screen

Setelah *screen* kering kemudian kita memasuki tahap penyinaran screen. Pada tahap ini kita membutuhkan alat-alat antara lain berupa :

- Kaca
- Master gambar yang sudah tercetak pada kertas
- Screen
- Kain dengan warna hitam
- Busa screen (seukuran bagian dalam bingkai screen)
- Papan

Berikut cara penyinaran screen :

- Pertama, kita ambil papan terlebih dahulu untuk tatakan,
- Kedua, letakkan busa di atas papan kemudian letakkan kain warna hitam di atas busa tersebut. Lalu kita ambil *screen* yang telah kita siapkan (sudah olesi obat afdruk dan sudah dikeringkan).
- Ketiga, letakkan screen di atas kain berwarna hitam.
- Keempat, kita ambil master gambar kemudian tempelkanlah master gambar di atas *screen*, posisi kertas yang tercetak gambar menempel pada *screen* dengan posisi terbalik. Sebelum gambar tersebut kita tempel di *screen* terlebih dahulu kita olesi dengan minyak goreng, hal ini dilakukan agar kertas pada gambar akan tembus sinar.

- Kelima, letakkan kaca di atas screen yang sudah ada kertas master gambarnya. Untuk lebih jelasnya urutan alat – alat pada saat penyinaran *screen* dari bawah keatas adalah :papan, busa screen, kain berwarna hitam, *screen*, master gambar, dan kaca.
- Keenam, setelah peralatan disusun sesuai dengan tempatnya kemudian kita sinari *screen* dengan sinar matahari. Waktu yang dibutuhkan untuk penyinaran adalah antara 3 sampai 5 detik, jika terlalu lama atau kurang lama dalam penyinaran maka pembuatan film afdruk gagal.

c. Pencucian obat pada screen

Setelah *screen* kita sinari, kemudian pisahkan *screen* dari peralatan yang lain. Selanjutnya screen tersebut harus kita siram atau semprot dengan air untuk menampilkan efek master gambar pada *screen* sekaligus membersihkan berkas-berkas obat. Untuk mencuci *screen* ini kita membutuhkan alat penyemprot, alat ini digunakan untuk membersihkan obat yang tertisa di sela – sela gambar yang terdapat pada *screen*. Setelah itu, *screen* dikeringkan dengan hair dryer ataupun dijemur di terik matahari.

3. Mempersiapkan Cat

Cat yang digunakan untuk menyablon dapat dilihat pada tabel 2.1, sebagai berikut:

No	Jenis / Merk Cat	Pengencer	Fungsi
1	Epi, Sericol, Royal, SSI Cout	M3 / Fujisol	Untuk menyablon kertas, kulit, seng, dll
2	Polymate, Polytuff, Fine Ink, Royalmate, Royaltuf	M4 / Terpene	Untuk menyablon plastic
3	Extender, Pasta White, Pasta Rubber	Binder	Untuk menyablon kain

Table 2.1. Jenis Cat yang digunakan dalam proses sablon

Untuk membuat berbagai macam warna, Cukup membeli 4 macam warna saja, yaitu merah, kuning, biru dan hitam. Dari kelima macam warna tersebut anda dapat mengoplosnya menjadi berbagai macam warna sesuai dengan kebutuhan. Pedoman pengoplosan warna dapat dilihat pada tabel 2.2 :

No	Warna	Campur	Hasil
1	Hitam	Putih	Abu-abu
2	Biru	Putih	BiruMuda
3	Merah	Putih	Pink
4	Merah	Kuning	Orange
5	Merah	Biru	Ungu/violet
6	Hitam	Merah	Coklat
7	Biru	Kuning	Hijau

Table 2.2. Teknik Percampuran Cat untuk Proses pewarnaan

4. Menyablon

Proses menyablon dapat dilakukan setelah screen serta cat siap pakai serta obyek (kertas, kain, plastik, dan sebagainya) yang akan disablon juga sudah ada.

Langkah pertama untuk memulai menyablon adalah memasang screen yang sudah siap pakai pada engsel pengunci yang ada di meja. Kemudian siapkan obyek, misalnya kain, yang akan disablon dan letakkan padat empatnya, selanjutnya obyek ditindih dengan screen. Setelah itu, tuangkan cat kedalam *screen* yang telah ditindihkan di atas obyek. Selanjutnya, ratakan cat dengan alat bantu rakel. Cara meratakan cat dapat dilakukan dengan metode tekan – dorong rakel. Yakni tekan rakel kebawah sambil dorong kedepan dan kebelakang agar cat sablon dapat menembus kain screen dan tercetak di obyek yang disablon. Sekarang angkatlah *screen*, Anda dapat melihat hasil karya

anda pada obyek yang anda sablon. Setelah itu keringkan obyek, Dan ulangi teknik menyablon tersebut sesuai dengan jumlah obyek yang anda sablon.

5. Menghapus screen

Proses menghapus *screen* diperlukan jika ingin memakai screen secara berulang ulang dengan gambar yang berbeda - beda. *Screen* yang sudah bersih kembali kembali nantinya dapat digunakan untuk membuat film afdruk dengan gambar yang berbeda.

Langkah – langkah menghapus screen adalah bersihkan screen dari sisa cat. Hapus bekas noda cat dengan kain lap yang dibasahi dengan minyak pengencer cat (cairan M3 atau M4). Kemudian, basahi *screen* dengan air lalu cuci dengan air sabun dan bilas sampai bersih. Lalu tuang dan ratakan obat pencuci *screen* pada screen secara merata, gosok dengan menggunakan kain spon, bilas dan keringkan dengan dijemur di sinar matahari. (timindo camp, 2010)

2.2 Sumber Air Limbah

Sugiharto (2008) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua yaitu air limbah industri dan air limbah rumah tangga (*domestic wastewater*).

2.2.1. Sumber Air Limbah industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{hari}$. sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan bahwa 85 – 95 % dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka

jumlahnya akan lebih kecil lagi. Adapun banyaknya pemakaian air dari suatu industri adalah sebanyak 85 – 95 % (Sugiharto, 1987). .

2.2.2. Karakteristik Air Buangan industri

Melakukan pengolahan limbah industri terutama limbah cair lebih baik dilakukan analisa terhadap jenis dan karakteristik limbah terlebih dahulu agar bisa dilakukan penanganan dengan efektif dan efisien. Mengetahui karakteristik limbah cair bisa dilakukan beberapa analisa sehingga kita mengetahui air limbah yang dihasilkan suatu industri sudah aman bagi lingkungan atau tidak. Ada beberapa karakteristik limbah cair yang mudah dikenali baik secara fisik maupun kimia.

Limbah cair memiliki 2 karakteristik yaitu karakteristik fisik dan kimia. Adapun karakter fisiknya antara lain :

1. Padatan : pada limbah cair terdapat padatan organik dan nonorganik yang mengendap dan tersuspensi sehingga bisa mengendap dan menyebabkan pendangkalan.
2. Kekeruhan : kekeruhan menunjukkan sifat optis di dalam air karena terganggunya cahaya matahari saat masuk ke dalam air akibat adanya koloid dan suspensi
3. Bau : bau dikarenakan karena adanya mikroorganisme yang menguraikan bahan organik.
4. Suhu : limbah cair memiliki suhu yang berbeda dibandingkan dengan air biasa, biasanya suhunya lebih tinggi karena adanya proses pembusukan

Sedangkan karakter kimia dari limbah cair industri yaitu :

1. Keasaman : keasaman limbah cair dipengaruhi oleh adanya bahan buangan yang bersifat asam atau basa. Agar limbah tidak berbahaya, maka limbah diupayakan untuk memiliki pH netral.
2. Logam berat beracun : cadmium dari industri tekstil, merkuri dari pabrik cat, raksa dari industri perhiasan dan jenis logam berat yang lainnya.

3. Nitrogen : umumnya terdapat sebagai bahan organik dan diubah menjadi ammonia oleh bakteri sehingga menghasilkan bau busuk dan bisa menyebabkan permukaan air menjadi pekat sehingga tidak bisa ditembus cahaya matahari.
4. Fenol : salah satu bahan organik yang berasal dari industri tekstil, kertas, minyak dan batubara sehingga menyebabkan keracunan.
5. BOD : kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik yang ada di dalam air.
6. COD : kebutuhan oksigen yang diperlukan mikroba untuk menghancurkan bahan organik (<http://k011tiumb.blogspot.com/2009/12/karakteristik-fisik-dan-kimia-limbah.html>).
7. Limbah industri sablon merupakan hasil sampingan dari seluruh proses penyablonan. Proses penyablonan ini menggunakan berbagai bahan kimia untuk mendapatkan hasil sablon yang berkualitas.

2.2.3 Limbah Industri Sablon

1) Proses- proses dalam industri sablon :

Proses- proses yang harus dilalui dalam cetak sablon adalah :

a) Pembuatan desain

Desain ini berupa gambar ataupun teks yang menjadi pola cetak sablon. Desain cetak sablon ini dapat dibuat dengan manual ataupun digital. Untuk desain manual biasanya menggunakan tinta hitam pekat digambar menggunakan tangan di atas kertas kalkir. Ketentuan dalam desain adalah kepekatan tinta dalam gambar harus merata.

Sedangkan jika menggunakan desain digital dapat dibuat di komputer dengan menggunakan software grafis seperti *Photoshop* atau *Corel Draw*. Hasil gambar ini kemudian dicetak dengan *printer*. *Printer* yang digunakan sebaiknya *printer* laser atau jenis tinta (*bubble*).

Hal ini berkaitan dengan ketajaman gambar desain yang akan diafdruk pada layar *screen* (Guntur Nusantara, 2003)

b) Proses afdruk film (*Exposing*)

Proses afdruk film adalah proses pemindahan gambar desain ke *screen* dengan menggunakan cahaya ultra violet (UV). Bahan yang dipergunakan adalah larutan emulsi dan *sensitizer* (obat afdruk).

Proses afdruk dimulai dari melarutkan cairan emulsi dengan sensitizer dengan perbandingan 9:1 hingga menjadi gel. Gel dioleskan ke bagian luar layar *screen* dengan menggunakan alat pelapis sampai merata. Gel dioleskan juga ke bagian dalam *screen*.

Kain *screen* di keringkan dengan memakai kipas angin atau *hairdryer*. Pada proses ini dilakukan diruang gelap untuk menghindari sinar UV membakar lapisan afdruk, karena jika kena sinar UV dapat diyakinkan proses ini akan gagal. Setelah proses pengerigan awal ini selesai dilanjutkan proses penyinaran dengan menutup dengan film atau desain yang telah kita buat dengan kertas kalkir tadi. Diatas film ditindih dengan kaca agar film tidak bergeser pada waktu penyinaran, dan pada bagian belakang *screen* ditindih juga dengan spon dan kain berwarna gelap untuk menguragi atau meredam sinar UV. (Guntur Nusantara, 2003)

Setelah \pm 1 menit *screen* di basahi dengan air, pada proses ini disebut dengan proses pengembangan, setelah dibasahi dengan air dan larutan kimianya telah bersih dibiarkan sesaat sebelum dibersihkan dengan menggunakan *hairspray*. *Hairsepray* ini berguna untuk merapikan dan membersihkan dari sisa-sisa larutan afdruk pada bagian image area, proses selanjutnya adalah mengkoreksi gambar dengan *screen laquer* untuk menutup Image area yang tidak diinginkan menjadi non Image area. Proses terakhir dalam mengafdruk film adalah penyinaran akhir untuk finishing, setelah film selesai di afdruk dan di koreksi dibiarkan kering sebelum digunakan.

c) Proses sablon

Persiapan dalam proses penyablonan adalah pemasangan *screen* pada media, setelah *screen* terpasang dengan tepat barulah mulai dengan proses pemulasan cat/ tinta. Dalam proses pewarnaan diusahakan untuk mendahulukan warna terang yang berlanjut ke warna gelap, setelah cat dipulaskan secara merata dengan *rakel screen* kemudian diangkat dan hasilnya dikeringkan sebelum melanjutkan ke warna lainnya.

2) Limbah Industri Sablon sebagai Pencemar Lingkungan

Limbah industri sablon bersifat mencemari lingkungan sebab di dalamnya terkandung zat berbahaya yang berasal dari cairan kimia dari bahan-bahan yang digunakan.

Beberapa sumber-sumber pencemar tersebut antara lain berasal dari:

Menurut Imam Muthoha (2000), limbah sablon di klasifikasikan menjadi limbah padat dan limbah cair yang tersaji dalam Tabel dibawah ini:

No	Limbah Padat	Limbah Cair
1.	Potongan kain perca	Cairan sisa Photoxol TS (bahan pembuat afdruk pada screen)
2.	Potongan benang jahit	Cairan sisa Rubber (cat sablon)
3.	Plastik OPP	Cairan sisa pencucian kain tekstil
4.	Kertas Label	
5.	Kertas hangtag	

Tabel. Klasifikasi Limbah Sablon

a) Sisa Photoxol TS (bahan pembuat afdruk pada screen)

Bahan afdruk adalah bahan pokok untuk membuat film (*klise*) pada screen. Bahan ini ada yang berupa larutan, ada pula yang berupa lembaran afdruk. Larutan afdruk merupakan campuran antara emulsi dan cairan sensitizer (cairan peka cahaya). Emulsi merupakan cairan yang berfungsi sebagai pelapis screen. Cairan kental ini berperan dalam proses pembentukan

gambar pada *screen*. Sensitizer berperan sebagai bahan pencampur emulsi yang bersifat peka cahaya.

b) Air sisa tinta/cat sablon

Bahan cetak sablon terdiri dari tinta sablon dan pengencer. Tinta sablon sebagai materi pokok pembentuk gambar pada benda sasaran sablon. Pengencer digunakan sebagai campuran tinta agar kekentalannya dapat disesuaikan.

c) Kaporit

Kaporit atau cairan pemutih pakaian digunakan untuk menghapus film setelah *screen* selesai digunakan. Bahan ini bersifat mudah merapuhkan benda, bersifat korosif. *Screen* yang telah bersih dapat digunakan kembali untuk membuat film atau model gambar lainnya.

d) Krim deterjen

Krim deterjen atau sabun colek sebagai peluruh sisa-sisa tinta dan minyak yang masih tertinggal pada layar *screen* yang dilakukan setelah proses pengafdrukan film (*exposing*) selesai. (Guntur Nusantara, 2003)

Menurut peraturan pemerintah nomor 18 Tahun 1999, tentang Pengelolaan limbah B3. Limbah sablon masuk dalam nomor kode limbah D212, dengan kandungan pencemar utama yaitu organik (*binder dan resin*), hidrokarbon terhalogenasi, pelarut mudah terbakar, logam berat (terutama Cr dan Pb), pigmen dan cat warna, dan deterjen.



Adapun perbandingan hasil analisa awal terhadap kualitas air limbah industri sablon dengan baku mutu air limbah sablon dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

PARAMETER	KONSENTRASI AWAL	BAKU MUTU (SKGUB JATIM NO. 45 TAHUN 2002)	KETERANGAN
PH	4,3	6 – 9	Tidak Memenuhi Baku Mutu
COD	2870 mg/l	150 mg/l	Tidak Memenuhi Baku Mutu
BOD	727,0 mg/l	50 mg/l	Tidak Memenuhi Baku Mutu
TSS	290,0 mg/l	50 mg/l	Tidak Memenuhi Baku Mutu
WARNA	65,05 Pt.Co	1 Pt.Co	Tidak Memenuhi Baku Mutu

Tabel. 2.3 Perbandingan Konsentrasi Limbah Sablon Terhadap Baku Mutu SK.GUB JATIM NO.45 2002

2.3 Fitoremediasi

2.3.1. Pengertian Fitoremediasi

Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah *fitoremediasi*. Istilah *fitoremediasi* berasal dari kata Inggris *phytoremediation* kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *Phyto* asal kata Yunani atau *greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*), *remediation* asal kata Latin *remediare (to remedy)* yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Fitoremediasi juga dapat berarti sebagai teknologi proses dengan menggunakan vegetasi (tanaman) untuk menghilangkan dan memperbaiki kondisi tanah, sludge, kolam, sungai dari kontaminan (Anonim, 2010). Jadi *fitoremediasi (phytoremediation)* merupakan suatu sistem yang menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan zat

kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Tidak semua tanaman dapat digunakan dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang mempunyai sifat (Youngman, 1999):

- 1) Cepat tumbuh.
- 2) Mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat.
- 3) Mampu meremediasi lebih dari satu polutan.
- 4) Toleransi yang tinggi terhadap polutan.

Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode lain, yaitu :

1. Bukan hanya mengurangi padatan, tetapi juga polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun.
2. Efisien dan murah untuk biaya konstruksi, karena hanya berupa reaktor berbentuk bak dengan tanaman sebagai media untuk mengurangi polutan berbahaya.
3. Merupakan cara remediasi yang paling aman bagi lingkungan, karena memanfaatkan tumbuhan
4. Memelihara keadaan alami lingkungan (Sarwoko & Ganjar, 2010).

2.3.2. Jenis-Jenis Tumbuhan Air Yang Berpotensi Sebagai Pengolah

Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup dalam habitat air atau pada tempat yang basah. Daerah persebaran dari tumbuhan air ini cukup luas sehingga dapat dijumpai didaerah perairan, baik itu sungai, danau, rawa-rawa dan sebagainya dengan berbagai jenis ragam dan bentuk serta sifat-sifatnya.

Tumbuhan air yang hidup dalam perairan memberikan keuntungan antara lain: menyangkang produktivitas dan menyediakan media substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu siklus nutrisi akumulasi di dalam sedimen. Kaitannya dengan fungsi *fitoremediasi* sebagai sistem pengolahan limbah cair, tumbuhan air berperan penting dalam menyediakan tempat untuk menempelnya mikroba pengurai.

2.3.2.1 Gulma

Jenis gulma yang biasa dimanfaatkan adalah gulma terapung atau *Floating* seperti *Eichornia crassipes*, *Selvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, sedangkan jenis gulma *emergent* atau gulma yang sebagian tubuhnya mengapung dan sebagian tenggelam antara lain *Typha spp* dan *Phragmites Australis* atau *Phragmites karka*. Gulma jenis ini berkembang dalam tanah sehingga tidak dapat berpindah tempat. Tumbuhan gulma ini dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan jenuh air karena memiliki saluran udara yang menghubungkan bagian tanaman yang berada di atas permukaan air dengan bagian akar yang berbeda di dalam tanah dimana kandungan oksigen sangat rendah. Menurut Sastro Utomo (1986) *Typha spp* dapat menyerap beberapa jenis logam berat antara lain Pb, Zn, Cd. *Typha spp* masih toleran tumbuh walaupun terjadi penambahan konsentrasi Pb sebesar 50 - 500 ppm. Penyerapan Zn terjadi secara nyata pada konsentrasi 1000 ppm, yang menandakan toleransi akar terhadap cekaman lingkungan tumbuhnya. Sedangkan pada Cd tidak terjadi penyerapan walaupun pada konsentrasi 1 ppm.

Seperti yang telah diketahui bahwa air – air buangan (limbah cair) mengandung bahan organik dan anorganik yang kompleks, termasuk di dalamnya protein, urea, amina, selulosa, lemak, karbohidrat dan sabun. Pada perlakuan secara biologis diperlukan bantuan bakteri, jamur, algae, untuk menguraikan limbah buangan tersebut sehingga, dapat dihasilkan air yang kaya nitrogen, potasium, phosphor dan unsur lainnya. Hasil pengolahan limbah biasanya dibuang/dialirkan ke sungai-sungai terdekat (Bisri, 1998). Gulma air mampu menyerap bahan organik dan anorganik tersebut ke dalam struktur tubuhnya dan memiliki kemampuan untuk

menyerap bahan-bahan tersebut, sehingga dapat mengurangi pencemaran air, sebab ketika air tersebut dilepaskan kembali ke lingkungan, kerusakan lingkungan yang di timbulkan lebih kecil (National Academy of sciences, 1975).

2.3.2.2. Mendong (*Fimbristylis Globulosa*)

Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) tergolong dalam famili *Cyperaceae*. Tanaman mendong atau sering juga disebut rumput sandang berasal dari Asia Tenggara, tetapi sekarang telah tersebar dari India sampai dataran Cina dan tersebar hampir di seluruh Indonesia.

Tanaman mendong dapat mencapai tinggi 1,5 m dan mengecil menyerupai selendang. Tanaman mendong merupakan tanaman tahunan dengan rizoma berukuran kecil, batangnya tersusun rapat dan cepat menjadi kaku serta terlihat seperti silinder.



Gambar 2.1 Mendong (*Fimbristylis Globulosa*)

Daun mendong sering tereduksi menjadi tidak bertangkai, menyerupai tabung menumpuk miring pada batang dan berbulu pada tepinya serta mempunyai ibula kecil. Daun mendong tumbuh pucuk batang dengan jumlah beberapa helai. Setelah tumbuh daun, kemudian tumbuh beberapa rumpun bunga (Sunanto.H, 2000).

2.3.3. Media Tumbuh (Substrat)

Media pada fitoremediasi berfungsi sebagai tempat tumbuh tanaman dan sebagai tempat hidup mikroorganisme pengurai, serta sebagai tempat berlangsungnya proses sedimentasi dan filtrasi bahan polutan (Prasetyaningtyas, 2003).

Media tumbuh dalam sistem SSF dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu (Metcalf and Edy, 1991) :

- *Medium sand*, media dengan struktur halus karena komposisi butiran lebih sedikit dari pasir, berdiameter antara 0,04-0,11 mm dan lolos ayakan 2-20.
- *Coarse sand*, media dengan struktur komposisi tanah berupa butiran besar dengan kandungan kerikil kurang dari 15% dan pasir lebih dari 85%. Struktur media ini antara *medium sand* dan *gravel* dan lolos ayakan 2-20.
- *Gravelly sand*, media ini merupakan kombinasi antara pasir-kerikil dengan prosentase pasir 85% dan kerikil 15%. Tanah mengandung lebih dari 70% pasir, porositas kurang dari 40%.

2.3.4. Unsur Hara Yang Dibutuhkan

Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara dalam pertumbuhannya. Apabila salah satu dari unsur hara tersebut tidak dipenuhi, maka hal ini akan mempengaruhi metabolisme tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman air dibedakan menjadi :

1. Unsur makro

Yang termasuk dalam unsur makro adalah C, H, I, N, P, S, K, Ca dan Mg. Unsur makro merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar. Tanaman mengambil karbon (C) dalam bentuk CO₂ yang besar dari atmosfer. Air dan unsur lainnya diambil dari dalam tanah.

2. Unsur mikro

Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Co dan Cl merupakan unsur-unsur yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah yang kecil. Umumnya unsur mikro ini didapatkan dari lapisan tanah dan air.

Agar dapat diserap oleh tumbuhan, maka unsur-unsur tersebut harus berbentuk larutan atau terlarut dalam air. Sedangkan fungsi air itu sendiri bagi tanaman adalah :

1. Sebagai sumber kehidupan
2. Sebagai pelarut unsur hara dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman
3. Merupakan proses terpenting dalam fotosintesis
4. Untuk mempertahankan suhu tanaman sehingga sesuai dengan suhu lingkungannya (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

Tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar tanaman. Unsur karbon (C) dan oksigen (O) diambil oleh tanaman dari udara sebagai CO_2 melalui stomata daun dalam proses fotosintesis. Sedangkan unsur H diambil dari air tanah (H_2O) oleh akar tanaman dan dalam jumlah sedikit air juga diserap tanaman melalui daun. Unsur-unsur hara yang diserap oleh tanaman terdapat dalam bentuk kation dan anion yang terlarut dalam air. Air yang mengandung bahan pencemar dan berbahaya bagi lingkungan seperti air limbah dari industri logam berat, maupun air limbah domestik, tetapi bermanfaat bagi tanaman maka bahan tersebut akan diserap pula (Widyastuti dalam Subrata, 2007). Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman ini dapat berlangsung bila unsur hara tersebut telah berkontak dengan permukaan akar.

2.3.5. Fotosintesis

Pada hakikatnya semua kehidupan di atas bumi ini tergantung langsung dari adanya proses asimilasi CO_2 menjadi senyawa kimia organik dengan energi yang didapat dari sinar matahari. Dalam proses ini energi sinar matahari (*energi foton*) ditangkap dan diubah menjadi energi yang dipakai oleh mausia untuk pemanasan, cahaya dan tenaga (Subrata, 2007).

Fotosintesis merupakan suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki oleh tanaman. Pada waktu proses fotosintesis berlangsung molekul-molekul air diambil dari media hidupnya, sedangkan karbondioksida (CO_2) diambil dari udara atau dari dalam air dalam bentuk karbondioksida terlarut. Oleh kloroplas tanaman, atom-atom C, H dan O dari zat-zat tersebut diubah menjadi senyawa hidrat arang (gula atau pati). Sebagai

hasil tambahan dari proses fotosintesis, tanaman mengeluarkan kelebihan oksigen ke udara dan perairan sehingga dapat dimanfaatkan oleh organisme air. Besarnya energi yang diberikan oleh cahaya tergantung dari intensitas cahaya matahari. Besarnya energi yang diberikan oleh cahaya tergantung dari intensitas cahaya (banyaknya sinar per cm^2 per detik) dan waktu penyinaran. Proses fotosintesis ini tidak dapat berjalan pada suhu kurang dari 5°C .

Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat (Chowdury *et al.*, 1994; Soepandi *et al.*, 2003; Djukri dan Purwoko dalam Subrata, 2007). Faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis selain CO_2 , air dan cahaya adalah sebagai berikut :

1. Unsur hara

Beberapa unsur hara seperti fosfat, nitrat dan unsur lainnya dapat meningkatkan proses fotosintesis karena unsur-unsur tersebut berperan terhadap pertumbuhan dan perkembangan bagian-bagian tumbuhan termasuk daun, kloroplas dan lainnya.

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap proses fotosintesis bergantung pada jenis tumbuhannya dan keadaan lingkungan tempat itu tumbuh.

3. Umur daun

Sejalan dengan pertumbuhan daun, kemampuannya untuk melakukan fotosintesis akan meningkat sampai daun tersebut berkembang penuh, kemudian mulai turun secara perlahan. Daun tua yang hampir mati tidak mampu berfotosintesis karena rusaknya klorofil dan hilangnya fungsi dari kloroplas (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

2.3.6. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang turut menentukan kualitas effluent pada sistem ini. Temperatur berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme

dalam mengolah air limbah. Menurut Wood, 1990 dalam Kurniawan, 2005 temperatur yang sesuai untuk *constructed wetland* adalah 20⁰C-30⁰C.

2.3.7. Mikroorganisme

Jenis mikroorganisme yang diharapkan berkembang adalah *heterotropik aerobic*. Hal ini dikarenakan penguraian bahan organik dalam tanah rawa buatan berlangsung secara aerobik dan anaerobik (Vyzamal, 1999 dalam Dhokhikah, 2006). Aktifitas mikroorganisme dalam *wetland* dapat disamakan dengan aktifitas mikroorganisme dalam pengolahan konvensional (lumpur aktif) dan *Trickling filter*. Tumbuhan menyediakan media penyangga bagi bakteri pengurai zat organik yang tumbuh melekat. Tumbuhan juga berfungsi menyediakan komponen Lingkungan perairan yang dapat meningkatkan efisiensi pengolahan (Yohanna, 2007).

2.4. Parameter Tinjauan Dalam Proses Pengolahan Limbah Industri

2.4.1. Parameter Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta warna ,bau dan temperature.

2.4.1.1. Warna

Warna di dalam air disebabkan oleh zat warna yang berasal dari bahan organik, antara lain Tanin dan Lignin maupun bahan anorganik seperti logam dan senyawa kimia. Warna dalam air dapat dibedakan menjadi warna sejati (*true colour*) dan warna semu (*apparent colour*). Warna sejati adalah warna dari air yang sebenarnya tanpa adanya kekeruhan. Warna sejati disebabkan karena adanya senyawa – senyawa organik yang mudah larut dan beberapa ion logam, misanya besi (Fe) dan mangan (Mn). Sedangkan warna semu bukan saja ditimbulkan oleh zat – zat tersebut tetapi juga karena adanya bahan yang tersuspensi.

2.4.1.2. Bau

Masalah umum yang ditimbulkan air limbah adalah pencemaran bau. Terdapat metode atau cara cara mengatasi masalah bau ini, antara lain dapat dilakukan secara fisik, kimiawi, maupun biologis (Met Calf and Eddy, 1979).

➤ Secara Fisik

Melakukan pembakaran, dimana gas dapat dikurangi melalui pembakaran pada suhu yang bervariasi antara 650 – 750 °C. Untuk mengurangi kebutuhan suhu yang tinggi ini dapat dikurangi melalui katalisator penyerapan dan karbon aktif adalah juga bisa diterapkan dengan melewatkan udara ke dalam hamparan atau lapisan. Gas yang berkontak dengannya akan diserap sehingga bau akan dapat dikurangi, begitu juga halnya dengan penyerapan melalui pasir dan tanah. Pemasukan oksigen ke dalam limbah cair adalah salah satu cara yang bisa diterapkan untuk menjaga proses terjadinya pengolahan secara an-aerob dapat dihindari sehingga gas yang ditimbulkan karena proses tersebut dapat dihindari. Penggunaan menara (tower) juga dapat dipergunakan untuk mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh adanya bau melalui proses pengenceran di udara terbuka karena udara dari cerobong tidak mencapai langsung ke daerah permukiman, dengan demikian bau yang ada dapat dicegah.

➤ Secara Kimiawi

Menghilangkan gas yang berbau dapat juga dilakukan dengan cara melewatkan gas pada cairan basa seperti kalsium dan sodium hidroksida. Apabila kadar karbondioksida tinggi maka biaya pengolahannya juga menjadi sangat tinggi, sehingga biaya ini merupakan salah satu penghambat yang besar. Dengan melakukan oksidasi pada pengolahan air limbah merupakan cara yang baik agar bau klorin dan ozon dapat dihindari. Adapun bahan yang dipergunakan sebagai bahan oksidator adalah Hidrogen peroksida. Pengendapan dengan bahan kimia membuat terjadinya endapan dari Sulfida dengan garam metal khususnya besi.

➤ Secara Biologi

Air limbah dilewatkan melalui penyaringan (*Trickling filter*) atau dimasukkan ke dalam tangki lumpur aktif untuk menghilangkan komponen yang berbau. Penggunaan menara khusus dapat dipergunakan untuk menangkap bau. Adapun jenis menara itu diisi dengan media plastik yang bervariasi sebagai tempat tumbuhnya bakteri.

2.4.1.3. Suhu

Suhu memegang peranan penting dalam berbagai aktivitas kimia dan fisika perairan. Aktivitas kimia dan fisika seringkali mengalami peningkatan dengan naiknya suhu. Mahida (1986) menyatakan bahwa tingkat oksidasi senyawa organik jauh lebih besar pada suhu tinggi dibanding pada suhu rendah.

Suhu air di sungai lebih bervariasi dibanding perairan pantai di sekitarnya. Hal ini dipengaruhi oleh luas permukaan dan volume airnya. Pada sungai yang memiliki volume air yang besar dapat ditemukan suhu vertikal. Kisaran suhu terbesar terdapat pada permukaan perairan dan akan semakin kecil mengikuti kedalaman.

Keadaan suhu alami memberikan kesempatan bagi ekosistem untuk berfungsi secara optimum. Banyak kegiatan hewan air dikontrol oleh suhu, misalnya: migrasi, pemangsaan, kecepatan berenang, perkembangan embrio dan kecepatan proses metabolisme. Oleh sebab itu, perubahan suhu yang besar pada ekosistem perairan dianggap merugikan (Clark, 1974) dalam (<http://mitrakasa.blogspot.com/2013/02/suhu-dan-kekeruhan-air.html>).

2.4.1.4. Kekeruhan

Kekeruhan berbanding terbalik dengan kecerahan. Kedua parameter ini merupakan suatu ukuran bias cahaya dalam air yang disebabkan oleh adanya partikel koloid dan suspensi dari suatu polutan, antara lain berupa bahan organik, anorganik buangan industri, rumah tangga, budidaya perikanan dan lain sebagainya yang terkandung di dalam perairan (Wardoyo, 1981).

Kekeruhan dan kecerahan merupakan salah satu faktor penting untuk penentuan produktivitas suatu perairan alami. Meningkatnya kekeruhan dapat menurunkan kecerahan perairan, serta mengurangi penetrasi matahari ke dalam air sehingga dapat membatasi proses fotosintesis dan produktivitas primer perairan.

Odum (1971) mengemukakan bahwa kekeruhan dapat berperan sebagai faktor pembatas perairan oleh partikel-partikel tanah, sebaliknya kekeruhan dapat berperan sebagai indikator bagi produktivitas hayati perairan jika kekeruhan itu disebabkan oleh bahan-bahan organik dan organisme hidup.

2.4.2. Parameter Kimia

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap padapenyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun (Sugiharto,2008).

2.4.2.1. pH

Konsentrasi ion hydrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana memungkinkan kehidupan biologis sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto,2008).

2.4.2.2. Logam Berat

Fitoakumulasi atau fitoekstraksi merupakan merupakan salah satu proses dalam fitoremediasi yang mencakup 4 hal, yaitu : pengelolaan tanaman pada lokasi tercemar, pemindahan logam melalui biomassa yang dipanen, dilakukan perlakuan terhadap biomassa yang dipanen berikut penyalpan biomassa sebagai limbah berbahaya, penghilangan logam dari biomassa yang dipanen. Fitoekstraksi termasuk

pendekatan yang paling baik untuk memindahkan kontaminan, terutama dari tanah dan mengisolasinya tanpa merusak struktur tanah dan kesuburan tanah. Proses ini juga dikenal dengan istilah fitoakumulasi. Faktor yang harus diperhatikan agar metode ini sesuai adalah tanaman yang digunakan harus dapat mengekstrak logam dalam konsentrasi yang besar ke dalam akar, kemudian menranslokasikannya ke tajuk dan memproduksi biomassa tanaman dalam jumlah besar. Pemandahan logam berat dapat didaur ulang kembali dari biomassa tanaman yang telah terkontaminasi. Faktor-faktor tanaman seperti laju pertumbuhan, selektifitas elemen, resisten terhadap penyakit, metode panen juga penting untuk diperhatikan. Namun, pertumbuhan yang lambat, system perakaran yang dangkal, produksi biomassa yang kecil dan pembuangan akhir dapat menjadi pembatas penggunaan spesies hiperakumulator (Hayati, 2010).

Fitoakumulasi atau fitoekstraksi adalah penyerapan polutan logam berat (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) di dalam tanah oleh akar tumbuhan, dan mengakumulasi senyawa tersebut ke bagian tumbuhan, seperti akar, batang, atau daun. Kontaminan dihilangkan dari lingkungan dengan cara memanen tanaman dan menjadikannya sebagai limbah. Penekanan teknologinya adalah bahwa daun tanaman mempunyai massa yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan tanah dan bahan lain yang selama ini digunakan dalam proses dekontaminasi. Teknik fitoakumulasi ini banyak dipakai pada dekontaminasi tanah, sedimen dan sludge (<http://bioteknologi.org/fitoremediasi/>).

Menurut Haryanti (2007) mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, sebagai berikut :

1. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.

2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

2.4.2.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umayy dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ($20^{\circ}C$) yang sering

disebut dengan DO5. Selisih DO1 dan DO5 ($DO1 - DO5$) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan probe khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai DO5. Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga DO5 tidak nol. Bila DO5 nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan.

Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi, atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Secara rinci metode pengukuran BOD diuraikan dalam APHA (1989), Umalay dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy.

2.4.2.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau yang biasa dikenal dengan istilah COD adalah jumlah oksigen (O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat – zat organik yang secara alamiah dapat di oksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaert Dan Santika. 1987). Selain tes COD, pengukuran kandungan zat – zat organik dapat pula dilakukan dengan tes *Biological Oxygen Demand* (BOD).

Ada beberapa keuntungan tes COD dibandingkan dengan tes BOD :

1. Analisa COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisa BOD memerlukan waktu 5 hari
2. Untuk menganalisa COD antara 50 sampai 800 mg/l, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisa BOD selalu membutuhkan pengenceran
3. Ketelitian dan ketepatan tes COD adalah 2-3 kali lebih tinggi dari tes BOD
4. Gangguan dari zat –zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD (Alaerts dan Santika, 1987).

2.4.3. Parameter Biologi

Aklimatisasi merupakan suatu upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Hal ini didasarkan pada kemampuan organisme untuk dapat mengatur morfologi, perilaku, dan jalur metabolisme biokimia di dalam tubuhnya untuk menyesuakannya dengan lingkungan. Beberapa kondisi yang pada umumnya disesuaikan adalah suhu lingkungan, derajat keasaman (pH), dan kadar oksigen. Proses penyesuaian ini berlangsung dalam waktu yang cukup bervariasi tergantung dari jauhnya perbedaan kondisi antara lingkungan baru yang akan dihadapi, dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu (<http://id.wikipedia.org/wiki/Aklimatisasi>).

Aklimatisasi tanaman uji dilakukan sebelum tanaman tersebut diaplikasikan untuk mereduksi kandungan senyawa organik. Proses aklimatisasi ini bertujuan agar tanaman uji mampu menyesuaikan diri dengan limbah yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Proses aklimatisasi dan pemilahan tanaman dilakukan secara bertahap dengan tahap pengenceran. Setelah proses aklimatisasi dengan pengenceran bertahap selesai dan diperoleh tanaman uji yang sehat dan segar, maka tanaman uji siap untuk diaplikasikan. (Mantell, S.H. dan Smith, H., 2004 dalam Agnes, T. 2011)

2.5. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi Analisis deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi).

2.5.1. Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Irawan, 2006).

2.5.2. Statistik

Statistik adalah suatu cabang ilmu matematika yang membahas metode – metode ilmiah yang berkaitan dengan teknik pengumpulan data, penyajian dan analisis data, maupun menarik kesimpulan yang sah (valid) dan digunakan dalam proses pengambilan keputusan yang dapat di terima berdasarkan analisis (Sri Harin, 2007). Adapun jenis – jenis analisis sebagai berikut.

2.5.2.1. Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independent). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Irawan, 2006 dalam Galla.R, 2009).

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih, desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level vaktor. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antarfaktor mempengaruhi respon dan apabila menghilangkan interaksi antarfaktor mungkin mempengaruhi kesimpulan, kemudian kita mengetahui bahwa desain faktorial lebih efisien dibandingkan desain n faktor karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antarlevel faktor pada saat bersamaan, berbeda dengan desain n faktor pengaruh interaksi tidak bisa dideteksi (Irawan, 2006 dalam Galla.R, 2009).

Analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- $H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$
(rata-rata sampel tiap perlakuan sama)
- $H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$
(ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

- a. Nilai probabilitas,
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- b. Nilai F hitung,
 - F hitung output $> F$ tabel, H_0 ditolak
 - F hitung output $< F$ tabel, H_0 diterima

2.5.2.2. Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah negatif, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula (Irawan, 2006 dalam Galla.R, 2009).

Suatu hubungan antara dua variable dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau (-1) dan jika sebuah hubungan antara dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Dalam Analisis korelasi ni juga terdapat hipotesa ada tidaknya korelasi antar variabel, dimana :

- H_0 = Tidak ada korelasi antara variabel ($\rho = 0$)
- H_1 = Ada korelasi antara variabel ($\rho \neq 0$)

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

2.5.2.3. Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor.
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respons.
- Model regresi berguna untuk mempredisikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.

Model regresi memiliki variabel respons (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respons adalah variabel yang di pengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independent karena penelitian bebas mengendalikannya (Irawan, 2006 dalam Galla.R, 2009).

Pada Analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi

Uji F mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = y tidak memiliki hubungan linier dengan x

H_1 = y memiliki hubungan linier dengan x

Dalam pengambilan keputusan, uji F membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Keputusan lain yang dapat diambil bahwa variabel y (variabel terikat) dengan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier.

- Uji T yang digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel prediktor

Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingkan statistik T hitung dengan statistik T tabel.

- Jika statistik T hitung $<$ statistik T tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- Jika statistik T hitung $>$ statistik T tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.

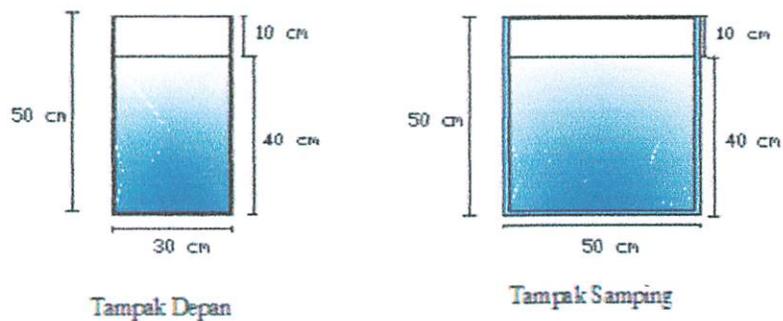
3.2.1 Peralatan Penelitian

- Bak penampung

Bak penampung berfungsi untuk menampung dan berfungsi menyetarakan debit sesuai yang direncanakan.

- Reaktor Kontrol

Dibutuhkan 1 buah reaktor kontrol berisi air limbah sablon tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 50, lebar 30 cm dan tinggi 50 cm dengan volume air sebesar 75 l (pada perhitungan). Gambar reaktor kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini

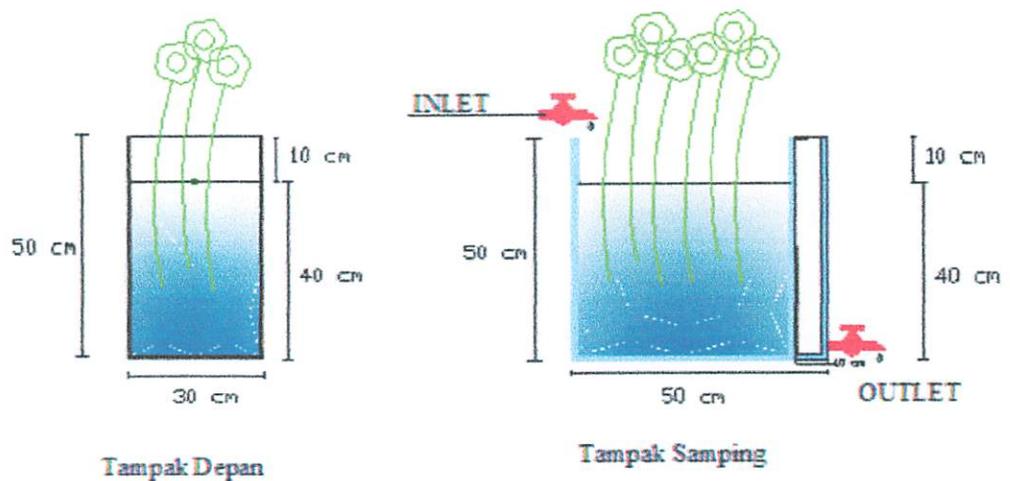


Gambar 3.1 Bak Kontrol



- Reaktor Uji

Pada reaktor uji mempunyai ukuran yang sama pula dengan reaktor kontrol. Masing-masing reaktor ditanami Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) sesuai kepadatan yang telah ditentukan untuk menurunkan kandungan COD dan Warna. Gambar reaktor uji yang memanfaatkan tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dapat dilihat pada Gambar 3.2,



Gambar 3.2 Reaktor uji

3.2.2 Bahan Penelitian

- Limbah cair Sablon di Rumah cetak Wagir, Kabupaten Malang

Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari limbah Sablon Rumah cetak di Wagir, Kabupaten Malang. Limbah ini berasal dari hasil cucian film sablon. Sebelum mengambil sampel air limbah dikumpulkan terlebih dahulu dalam tong kemudian baru dimasukkan dalam jerigen. Gambar tempat pengumpul limbah dapat dilihat dibawah ini dan waktu pengambilan sampelnya pada saat aktivitas produksi berlangsung dari jam 07.30- 15.00.

Pada gambar 3.3 menunjukkan tempat pengambilan sampel pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 Bak Penampung Limbah

- Mendong (*Fimbristylis Globulosa*)

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*). Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) yang digunakan rata-rata memiliki ketinggian 0,3- 1 m pada awal penanaman. Dalam 1 unit tanaman terdiri dari 5 - 10 batang. Tumbuhan ini diperoleh dari toko bunga dan petani mendong dengan kriteria yang sama, karena tidak mengetahui umur tumbuhan secara pasti (Sunanto.H,2000).

- Media Tanam

Media tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang berasal dari tempat produsen (toko bangunan). Sebelum digunakan, pasir akan dicuci untuk menghilangkan kadar TSS dan bahan organik yang mungkin terdapat dalam media.. Dalam penelitian ini untuk ketinggian media tanam 10 cm dari permukaan reaktor.



3.3 Variabel Penelitian.

- Variabel terikat
 - a) Konsentrasi COD
 - b) Konsentrasi Warna
- Variabel tetap
 - c) Jenis tanaman : Mendong (*Fimbristylis Globulosa*)
- Variabel bebas
 - d) variabel kepadatan tanaman 6 dan 8 unit tanaman/150cm².
 - e) variabel waktu operasional pengambilan sampel.
 - a. Pengambilan pertama
Pengambilan sampel saat effluen keluar pertama dengan debit aliran (Q) yaitu sebesar $2,60 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$ (berdasarkan perhitungan).
 - b. Pengambilan kedua
Pengambilan sampel pada jam ke 20 dari pengambilan pertama
 - c. Pengambilan ketiga
Pengambilan sampel pada jam ke 40 dari pengambilan pertama
 - d. Pengambilan keempat
Pengambilan sampel pada jam ke 60 dari pengambilan pertama.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Pengambilan Sampel dan Penanganan Sampel

Sampel diambil dari limbah sablon yang keluar pada titik outlet, yaitu dari bak pengumpul menuju saluran ke sungai. Waktu pengambilan sampelnya pada saat aktivitas produksi berlangsung dari jam 07.30- 15.00, sehingga air limbah yang dibuang mencukupi debit yang dibutuhkan dari penelitian ini.

Berikut adalah penjelasan proses persiapan dan pengambilan sampel:

1. **Persiapan pengambilan sampel**

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel adalah tempat/jurigen untuk mengambil sampel. Tempat/jurigen yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur harus dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Tempat /jurigen pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquades.

2. **Pengambilan sampel**

Sampel air buangan diambil dari saluran akhir pembuangan yaitu pada outlet pembuangan limbah cair Sablon.

3. **Analisa sampel**

Parameter yang akan diturunkan dan dianalisa adalah COD dan Warna.

3.4.2. Pelaksanaan Penelitian

3.4.3 Analisis Pendahuluan.

Analisis pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan kondisi awal mengenai sampel sebelum dilaksanakan penelitian. Parameter yang dianalisis adalah COD dan Warna.

3.5 Aklimatisasi

Sebelum diperlakukan, tumbuhan diaklimatisasi, tujuan aklimatisasasi adalah agar tanaman dapat beradaptasi dengan media tumbuhnya yang baru. Aklimatisasi tanaman dilakukan langsung menggunakan media tanaman yang akan digunakan untuk penelitian, dengan tujuan agar media tanam pada reaktor dalam kondisi siap saat digunakan. Proses aklimatisasi tanaman sebagai berikut (Yohanna, 2007):

Pada penelitian terdahulu (Widyanigtyas,A, 2008) konsentrasi warna (1,86 Pt.Co), sedangkan pada analisa awal limbah sablon memiliki konsentrasi Warna

(65,05 Pt.Co). Dapat dibandingkan warna pada limbah sablon jauh lebih tinggi dari pada limbah industri tekstil. Apabila kandungan warna dalam limbah sablon berlebihan dikhawatirkan dapat mengakibatkan tanaman tidak bisa menyesuaikan diri terhadap air limbah tersebut atau mati. Karena Zat warna memiliki struktur kimia yang berupa gugus kromofor dan terbuat dari beraneka bahan sintesis, yang membuatnya resisten terhadap degradasi saat nantinya sudah memasuki perairan (Sanatang, 2011), sehingga pada proses aklimatisasi perlu adanya pengenceran.

Proses aklimatisasi adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) yang akan digunakan dalam penelitian dan kemudian menanam tanaman Mendong pada media pasir yang ada dalam wadah.
2. Aklimatisasi diawali dengan penyiraman tanaman dengan menggunakan aquades selama 1 minggu pada masing-masing reaktor sebanyak 3 liter/hari, yaitu untuk penetralisir tanaman terhadap kontaminan lain pada media tanam sebelumnya.
3. Pada minggu berikutnya air aquades yang digunakan untuk menyiram tanaman berangsur-angsur diganti dengan air limbah. Penggantian air aquades dengan air limbah yaitu dengan cara menambah volume air limbah dan mengurangi volume air aquades sampai air limbah mencapai 100% dengan keterangan sebagai berikut :
 - Pada hari ke 1 dan 2, air aquades yang digunakan sebanyak 75% (3,75 liter) dan air limbah sebanyak 25% (1,25 liter).
 - Pada hari ke 3 dan 4, air aquades yang digunakan sebanyak 50% (2,5 liter) dan air limbah sebanyak 50% (2,5 liter).
 - Pada hari ke 5 dan 6, air aquades yang digunakan sebanyak 25% (1,25 liter) dan air limbah sebanyak 75% (3,75 liter).

- Pada hari ke 7, air aquades yang digunakan sebanyak 0% (0 liter) dan air limbah sebanyak 100% (5 liter).

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan ini dilakukan setelah tanaman uji mengalami aklimatisasi. Adapun proses fitoremediasi dengan sistem kontinyu adalah sebagai berikut :

- a) Proses fitoremediasi didahului dengan penampungan air limbah sesuai dengan debit yang diinginkan.
- b) Pada bak penampung dimasukkan air limbah, volume disesuaikan kebutuhan masing-masing reaktor, debit dan waktu yang ditentukan (pada perhitungan).
- c) Air limbah di alirkan dari bak penampung ke dalam 3 bak reaktor. Proses penampungan limbahnya adalah dengan memasukan air limbah sesuai debit yg telah diperhitungkan yakni masing-masing bak terisi air limbah sebanyak 75 liter. Penampungan limbah awal dengan menggunakan aliran batch sampai masing-masing bak reaktor terisi limbah sesuai dengan debit yang diinginkan lalu dilanjutkan dengan menggunakan aliran kontinyu.
- d) Tiap bak dalam reaktor selain bak kontrol ditambahkan tanaman uji sesuai dengan kepadatan yang sudah ditentukan. Peletakan tanaman ini disesuaikan dengan ukuran reaktor dan kepadatan tanaman uji.
Bak 1 : air limbah Sablon 75 liter (sebagai kontrol)
Bak 2 : air limbah Sablon 75 liter + tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dengan kepadatan tanaman 6 unit.
Bak 3 : air limbah Sablon 75 liter + Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dengan kepadatan tanaman 8 unit.
- e) Air limbah Sablon dari bak penampung dialirkan kedalam kolom bak secara gravitasi dengan kecepatan konstan.
- f) Air limbah Sablon dibiarkan mengalir terus-menerus dengan arah aliran dari atas ke bawah.

- g) Dilakukan sampling dan pengujian parameter COD dan Warna, diambil pada 2 titik sample yaitu pada bak penampung dengan pengambilan sample pada hari ke-1 dan pada effluent bak kontrol dan bak uji diambil setelah proses pengaliran.
- h) Analisa sampel dilakukan setiap hari selama 60 jam. Parameter yang dianalisa adalah COD dan Warna yang dianalisis di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya.

3.7 Metode analisis

3.7.1 Analisis COD

Dalam menganalisa COD digunakan metode Closed Reflux titrimetri. Prinsip pengukuran menggunakan cara ini adalah senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150°C selama ± 2 jam. Kelebihan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dititrasi menggunakan larutan Fero Ammonium Sulfat (FAS) memakai indikator ferroin (Alaert dan Santika, 1987).

3.7.2 Analisis Warna

Metode yang digunakan dalam menganalisis warna adalah metode spektrofotometri. Dengan metode ini analisa warna ditentukan dengan membandingkan pembacaan warna sampel dengan larutan standart warna yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer. Pada metode ini sebagai larutan baku warna digunakan larutan Platina Cobalt (PtCo) untuk membuat kurva kalibrasi (Alaert dan Santika, 1987).

3.8 Analisa Data dan Pembahasan

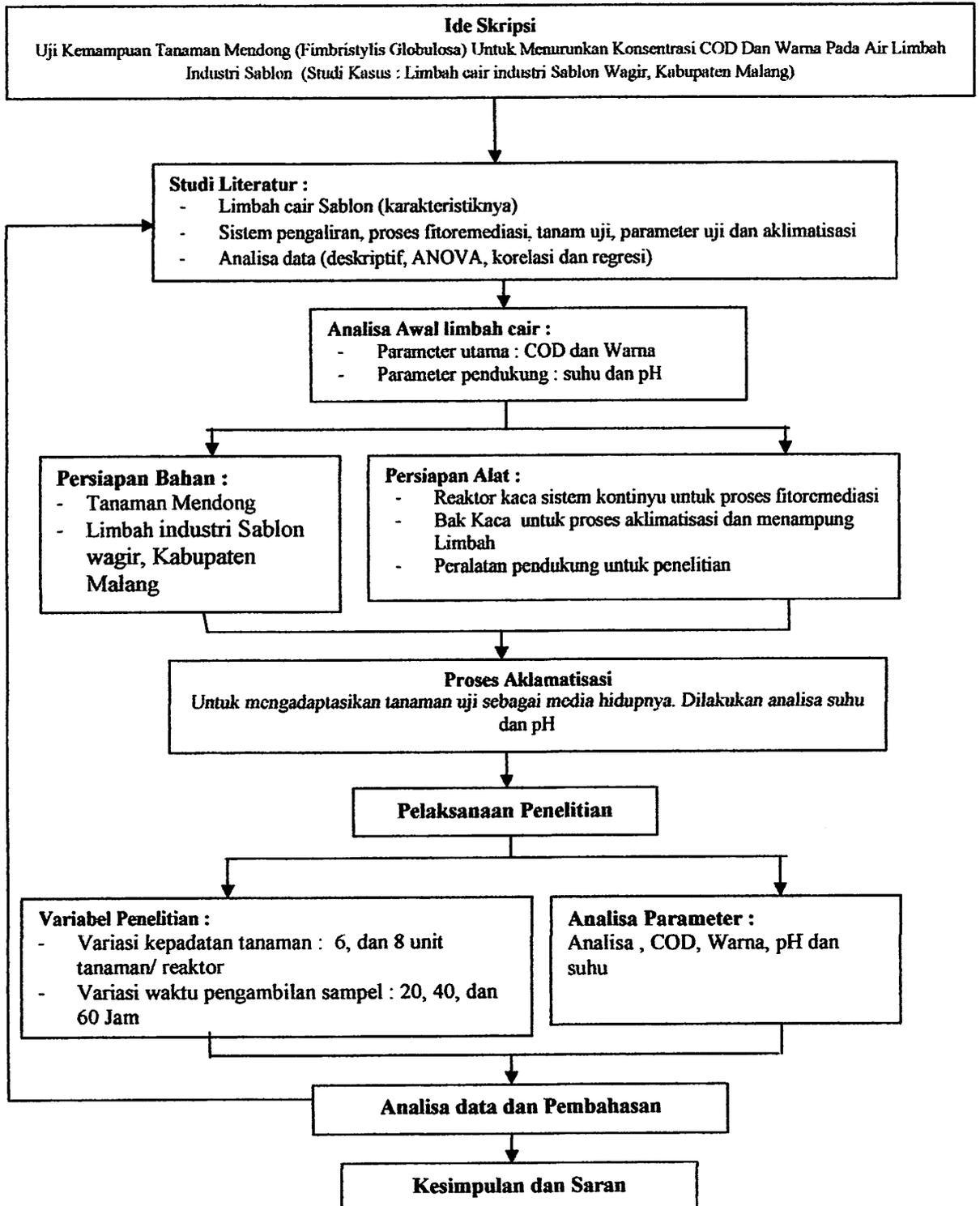
Hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

1. Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik tabel dan grafik.

2. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variable kepadatan tumbuhan, waktu operasional terhadap variabel penurunan konsentrasi COD dan Warna pada aliran kontinyu.
3. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kepadatan Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dan waktu operasional dapat memprediksi penurunan COD dan Warna pada aliran kontinyu.
4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara variable kepadatan tumbuhan, waktu operasional terhadap variabel penurunan konsentrasi COD dan Warna pada aliran kontinyu.

3.9 Kerangka Penelitian

Kerangka acuan penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian. Dari latar belakang yang mendasari pemikiran untuk melakukan penelitian tentang pemakaian tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) sebagai media fitoremediasi dalam menurunkan kadar COD dan Warna pada air limbah Sablon. Maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5 Kerangka Penelitian

BAB IV
DATA ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Sablon

Dalam penelitian ini dilakukan analisis pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah awal. Karakteristik limbah awal ini digunakan untuk mengetahui kondisi air limbah sebelum dilakukan proses pengolahan. Berdasarkan analisis laboratolium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah awal Industri Sablon, seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Hasil Analisis Awal Air Limbah Industri Sablon

Parameter	Nilai	Baku Mutu
COD	497,67 mg/L	150 mg/l
Warna	11,01 Pt.CO	1 Pt.Co
Temperatur	27 °C	35 °C
pH	5,7	6 – 9

Sumber :Hasil penelitian, 2013

Dapat dilihat pada tabel 4.1, bahwa konsentrasi dari parameter COD,Warna,Temperatur, dan pH adalah belum memenuhi Baku Mutu yang telah ditetapkan pada SKGUB JATIM NO. 45 TAHUN 2002.

4.2. Konsentrasi COD Limbah Cair Industri Sablon Setelah Pengolahan

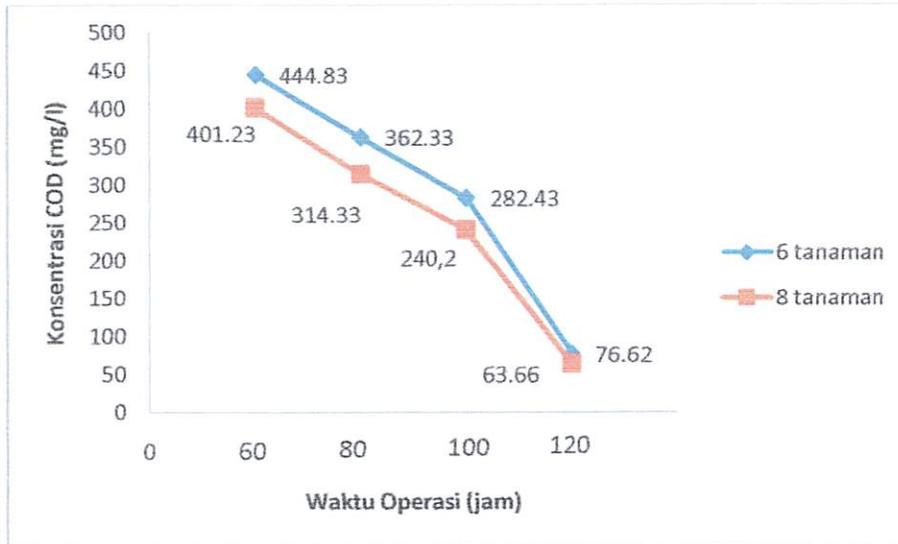
Tabel 4.2. Konsentrasi COD Setelah Proses Pengolahan

Waktu operasional (Jam)	Kepadatan (Jumlah Tanaman/1,5 m ²)	Konsentrasi COD (mg/L)
60	6 Tanaman/1,5 m ²	444,83
80		362,33
100		282,43
120		76,62
60	8 tanaman/1,5 m ²	401,23
80		314,33
100		240,2
120		63,66

Sumber :Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan tabel 4.2. kandungan COD terbesar adalah pada waktu operasional Jam ke 60 dengan kepadatan 6 tanaman/1,5 m² sebesar 444,83 mg/L sedangkan kandungan COD terendah adalah pada waktu operasional ke 120 dengan kepadatan 8 tanaman/1,5 m² sebesar 63,66 mg/L

Dari tabel 4.2.dapat diplotkan pada grafik garis yang dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1. Grafik Penurunan Konsentrasi COD Akhir Pengolahan Terhadap Waktu Operasi

Nilai persentase penurunan konsentrasi COD setiap variabel kepadatan tanaman diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penurunan COD} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$



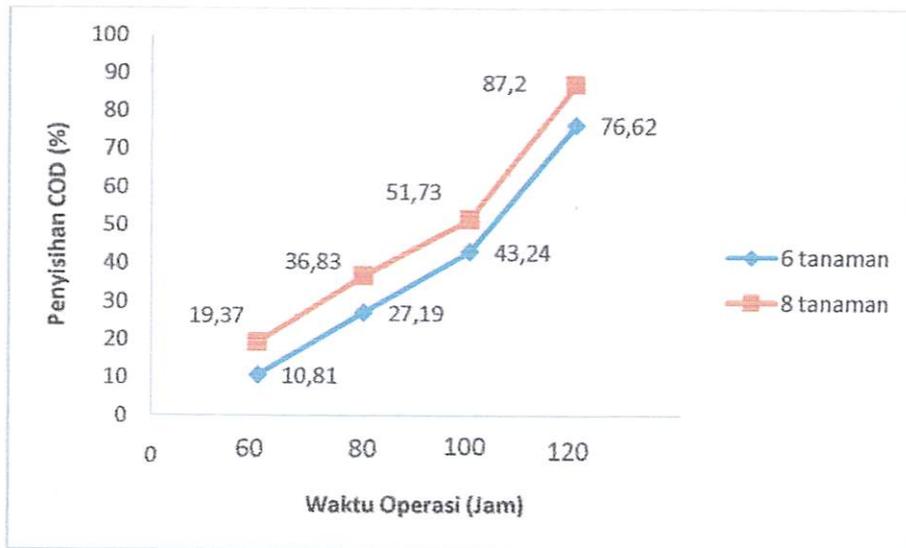
Hasil perhitungan persentase penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. % Penurunan Konsentrasi COD Setelah Proses Pengolahan

Waktu operasional (Jam)	Kepadatan (Jumlah Tanaman/1,5 m ²)	% Penurunan Konsentrasi COD
60	6 Tanaman/1,5 m ²	10,81
80		27,19
100		43,24
120		76,62
60	8 tanaman/1,5 m ²	19,37
80		36,83
100		51,73
120		87,2

Sumber :Hasil Penelitian, 2013.

Dari tabel 4.3.dapat diplotkan pada grafik batang yang dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi COD Terhadap Waktu operasional

4.2.1. Analisis Deskriptif

Melalui mekanisme proses pengolahan dengan menggunakan tanaman air yaitu mendong (*Fimbristylis Globulosa*), konsentrasi COD dalam air limbah akan

berkurang. Hal ini bakteri dan Mendong merupakan organisme utama yang berperan dalam proses pembuangan zat organik dan nutrisi dalam air limbah. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tanaman melalui akar yang akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik (Denny Kurniadie, 2011). Berkurangnya konsentrasi COD setelah proses pengolahan berdasarkan variabel waktu operasional dan kepadatan tanaman dapat dilihat pada tabel 4.2.

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa penurunan konsentrasi COD berada di antara 10,81 % - 87,2 %. Penurunan konsentrasi COD terendah sebesar 10,81 % terjadi pada waktu operasional Jam ke 60 dengan kepadatan 6 tanaman/1,5 m². Sedangkan persentase penurunan konsentrasi COD tertinggi sebesar 87,2 % pada variabel waktu operasional Jam ke 120 dengan kepadatan 8 tanaman/1,5 m². Jika dilihat signifikansi kecenderungan persentase penyisihan COD dari variabel waktu operasional dan kepadatan tanaman, maka terdapat kecenderungan kenaikan persentase COD pada waktu operasional 60, 80, dan 100 jam dengan kepadatan 6 dan 8 tanaman /1,5 m² adalah memiliki rentang penyisihan yang tidak begitu signifikan. Lain halnya dengan waktu operasional 120 jam dengan kepadatan 6 dan 8 tanaman /1,5 m², dimana terjadi kenaikan persentase penyisihan yang sangat signifikan dari waktu operasional sebelumnya.

4.2.2. Analisis ANOVA

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam persentase penyisihan COD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Persentase penyisihan COD akan mewakili variabel respons sedangkan variasi kepadatan tanaman dan variasi waktu operasional akan mewakili variabel prediktor.

Uji ANOVA untuk pengaruh variabel kepadatan tanaman terhadap persentase penurunan konsentrasi COD. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.



Tabel 4.4. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Kepadatan Tanamandan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi COD.

Two-way ANOVA: % removal COD versus Waktu Operasional, Kepadatan					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasional	3	4857.42	1619.14	3267.82	0.000
Kepadatan	1	173.67	173.67	350.51	0.000
Error	3	1.49	0.50		
Total	7	5032.57			

Keterangan : - DF : Derajat bebas - SS : Variabel residual
 - MS : Mean square error - F : Nilai statistik uji
 - P : Nilai probabilitas

Hipotesis :

H_0 adalah variabel tidak berbeda nyata/identik, sedangkan H_1 adalah variabel berbeda nyata/tidak identik. Dasar pengambilan keputusan apabila statistik F hitung > statistik F tabel maka H_0 ditolak, sebaliknya Jika statistic F hitung < statistik F tabel maka H_0 diterima. Pengambilan keputusan untuk angka P juga dapat dilihat Jika statistik P hitung > α 5% (0.05) maka Tidak Signifikan, sedangkan Jika statistik P hitung < α 5% 0.05 maka Signifikan.

Keputusan:

Untuk taraf signifikasi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F, waktu operasional didapat $F_{(0,05.3.3)} = 9,28$ dan tabel distribusi F kepadatan tanaman didapat $F_{(0,05.1.3)} = 10,13$. Nilai F hitung output waktu operasional dan kepadatan tanaman secara berturut-turut adalah sebesar 3267.82 dan 350,51. Nilai probabilitas waktu operasional dan kepadatan tanaman adalah 0,000 dan 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung > F tabel dan nilai P < 0,05. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kepadatan tanaman adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F

hitung > F tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan (Iriawan dan Astuti, 2006).

4.2.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, dalam hal ini hubungan antara waktu operasional dan variabelkepadatan tanaman dengan persentase penurunankonsentrasi COD dapat digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.6. Dari hasil uji korelasi dapat diambil keputusan berdasarkan pada tabel 4.5, dimana terdapat klasifikasi nilai pearson korelasi.

Tabel 4.6. Klasifikasi Pearson Korelasi

Nilai Pearson Korelasi	Keterangan
0	Tidak ada korelasi
0,00 – 0,25	Korelasi sangat lemah
0,25 – 0,50	Korelasi cukup
0,50 – 0,75	Korelasi kuat
0,75 – 0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

(Sumber :<http://setabasri01./2011/04/uji-korelasi-pearson.html>)

Tabel 4.7. Korelasi Antara Waktu operasional, VariabelKepadatan dan Persentase Penurunan Kosentrasi COD

Correlatias: % removal COD; Waktu operasional; Kepadatan	
Waktu operasional	0,963
Kepadatan	0,1860,000
	0,6601,000
Cell Cotents: Pearson correlation	
P-Value	

Hasil analisis dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara % penurunan COD dengan variabelwaktu operasionaladalah sebesar 0,963. Karena nilai korelasi antara % penurunan COD dengan variabelwaktu operasional adalah sebesar 0,963 yaitu dapat dilihat pada tabel 4.3, maka dapat disimpulkan bahwa antara % penurunan COD dengan variabelwaktu operasional secara statistik

memiliki hubungan korelasi yang sangat kuat. Agar lebih menyakinkan, kita perlu melakukan uji atas hipotesis.

Hipotesis:

$H_0 : p = 0$ vs $H_1 : p \neq 0$ atau $H_0 : p < 0,05$ vs $H_1 : p > 0,05$

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika statistik hitung (angka P-value output) $> \alpha$ (5% = 0.05), tidak ada korelasi
- Jika statistik hitung (angka P-value output) $< \alpha$ (5% = 0.05), ada korelasi

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.3 memperlihatkan bahwa nilai p-value dari variabel waktu operasional adalah $0,000 < \alpha$ (5% = 0.05). Karena p-value lebih kecil dari α (5% = 0.05), maka keputusannya adalah ada korelasi antara % penurunan COD dengan variabel waktu operasional.

Hasil analisis dari tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara % penurunan COD dengan variabel kepadatan adalah sebesar 0,186. Karena nilai korelasi antara % penurunan COD dengan variabel kepadatan adalah sebesar 0,186 yaitu dapat dilihat pada tabel 4.3, maka dapat disimpulkan bahwa antara % penurunan COD dengan variabel kepadatan secara statistik memiliki korelasi yang sangat lemah.

Hipotesis:

$H_0 : p = 0$ vs $H_1 : p \neq 0$ atau $H_0 : p < 0,05$ vs $H_1 : p > 0,05$

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika statistik hitung (angka P-value output) $> \alpha$ (5% = 0.05), tidak ada korelasi
- Jika statistik hitung (angka P-value output) $< \alpha$ (5% = 0.05), ada korelasi

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.6 memperlihatkan bahwa nilai p-value dari variabel kepadatan adalah $0,660 > \alpha$ (5% = 0.05). Karena p-value lebih dari α (5% = 0.05), maka keputusannya adalah mengatakan bahwa tidak ada korelasi antara % penurunan COD dengan variabel kepadatan.

4.2.4. Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh suatu variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel waktu operasional dan variabel kepadatan tanamanterhadap variabel terikat (*dependent variable*) yaitu % penyisihan COD, sehingga diketahui ketepatan data atau signifikansi prediksi dari hubungan korelasi data. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5.

Tabel 4.8. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-85,65	18,02	-4,75	0,005
Waktu operasional	1,07966	0,09907	10,90	0,000
Kepadatan	4,659	2,215	2,10	0,089
S = 6,26549 R-Sq = 96,1% R-Sq(adj) = 94,5% Persamaan regresi $\% \text{ removal COD} = - 85,7 + 1,08 \text{ Waktu operasional} + 4,66 \text{ Kepadatan}$				

Tabel 4.9. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	4836,3	2418,1	61,60	0,000
Residual Error	5	196,3	39,3		
Total	7	5032,6			

1). Persamaan Regresi

Berdasarkan hasil analisis regresi seperti yang tertera pada tabel 4.4 maka didapatkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = - 85,7 + 1,08X_1 + 4,66X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penurunan Konsentrasi COD (%)

X₁ = Variabel Waktu operasional (Jam)

X₂ = Variabel Kepadatan (Tanaman/1,5 m²)

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah :

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dilihat Suatu model regresi yaitu $Y = - 85,7 + 1,08X_1 + 4,66X_2$, di mana Y adalah persentase penyisihan COD (%),

X_1 adalah variabel waktu operasional, X_2 adalah variabel kepadatan tanaman. Koefisien regresi sebesar -85,7. Variabel waktu operasional (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasional sebesar 20 jam dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan COD sebesar 1,08 dan (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan kepadatan 2 tanaman dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan COD sebesar 4,66.

2) Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan
- H_1 = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

a) Berdasarkan nilai T

Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas berdasarkan nilai t di mana dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 % atau 0,05, dari tabel distribusi t didapat $t_{(0,05,2)}$ adalah 2,920 sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.4 adalah 10,90 (Variabel waktu operasional) dan 2,10 (Variabel kepadatan), nilai t hitung variabel waktu operasional lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi adalah signifikan. Sedangkan nilai t hitung variabel kepadatan lebih kecil dari t tabel, maka koefisien regresi adalah tidak signifikan

b) Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

Pada tabel 4.7 nilai P untuk variabel Waktu operasional adalah 0,000 yang artinya probabilitas lebih kecil dari α (5 % = 0,05), Dengan demikian, H_0 ditolak, dan koefisien regresi signifikan, atau variabel waktu operasional mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan konsentrasi COD. Sedangkan untuk Nilai P variabel kepadatan adalah 0,089 yang artinya probabilitas lebih besar dari α (5 % = 0,05). Dengan

demikian, H_0 diterima, dan koefisien regresi tidak signifikan, atau variabel kepadatan tidak mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan konsentrasi COD.

3) Koefisien determinasi

Dari hasil analisis regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 96,1 % hal ini berarti persentase penurunan COD adalah 96,1 % dapat dijelaskan oleh variabel kepadatan dan variabel waktu operasional. Sedangkan sisanya 3,9 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

4) Uji Kelinearan

Hipotesis :

- $H_0 = Y$ tidak memiliki hubungan linear dengan X
- $H_1 = Y$ memiliki hubungan linear dengan X

Dimana : Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas

Pengambilan keputusan

a. Berdasarkan nilai F.

b. Penarikan Kesimpulan :

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_1 diterima
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 diterima

(Soleh, 2005)

Dari uji kelinieran pada tabel 4.8 didapat nilai F hitung sebesar 61,60. Sedangkan nilai F tabel sebesar 5,79. Karena nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan liner dengan X (variabel bebas). Atau dengan katalain, persentase penurunan COD dengan variabel Kepadatan dan variabel waktu operasional mempunyai hubungan linier.



4.3. Analisis Penurunan Konsentrasi Warna

4.3.1. Analisis Deskriptif

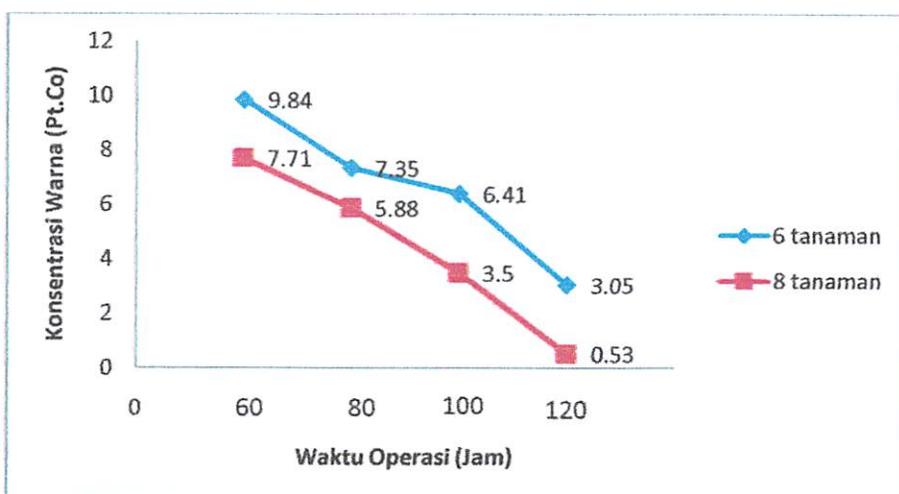
Berdasarkan hasil penelitian analisis kandungan Warna setelah proses pengolahan yang dilakukan pada variabel waktu operasional 60 Jam, 80 Jam, 100 Jam, dan 120 Jam dengan variabel kepadatan tanaman 6 dan 8 tanaman/1,5 m², dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.10. Konsentrasi Warna Setelah Proses Pengolahan

Waktu operasional (Jam)	Kepadatan (Jumlah Tanaman/1,5 m ²)	Konsentrasi Warna (Pt.Co)
60	6 Tanaman/1,5 m ²	9,84
80		7,35
100		6,41
120		3,05
60	8 tanaman/1,5 m ²	7,71
80		5,88
100		3,50
120		0,53

Sumber : Hasil Penelitian, 2013.

Berdasarkan tabel 4.4.kandungan konsentrasi Warna terbesar adalah pada waktu operasional Jam ke-60 dengan kepadatan 6 Tanaman/1,5 m² sebesar 9,84 Pt-C0 sedangkan kandungan konsentrasi Warna terendah adalah pada waktu operasional jam ke-120 dengan kepadatan 8 Tanaman/1,5 m² sebesar 0,53 Pt-C0. Dari tabel 4.4.dapat diplotkan pada grafik batang yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Penurunan Konsentrasi Warna Akhir Pengolahan Terhadap Waktu Operasi

Nilai persentase penurunan konsentrasi Warna setiap variabel kepadatan tanaman diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penurunan Warna} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase penunman konsentrasi Warna dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.11. Persentase Penurunan Konsentrasi Warna

Waktu operasional (Jam)	Kepadatan (Jumlah Tanaman/1,5 m2)	% Removal Konsentrasi Warna (Pt.Co)
60	6 Tanaman/1,5 m2	10,56
80		33,21
100		41,71
120		72,26
60	8 tanaman/1,5 m2	29,91
80		46,56
100		68,15
120		95,12

Sumber : Hasil Penelitian, 2013.

Berdasarkan tabel 4.5. dapat diplotkan pada grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi Warna Akhir Pengolahan Terhadap Waktu Operasi

Berdasarkan tabel 4.5. dan gambar 4.4. dapat diketahui bahwa persentase penurunan konsentrasi Warna berada diantara 10,56 % - 95,12 %. Untuk persentase penurunan konsentrasi Warna terendah sebesar 11,38 % terjadi pada variabel Waktu operasional Jam ke-60 dengan kepadatan 6 tanaman/1,5 m². Sedangkan untuk persentase penurunan konsentrasi Warna tertinggi sebesar 94,67 %. Terjadi pada variabel Waktu operasional jam ke-120 dengan kepadatan 8 tanaman/1,5 m².



4.3.2. Analisis ANOVA

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam prosentase penyisihan Warna, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Prosentase penyisihan Warna akan mewakili variabel respons sedangkan variasi kepadatan tanaman dan variasi waktu operasional akan mewakili variabel prediktor.

Uji ANOVA untuk pengaruh variasi waktu operasional dan kepadatan tanaman terhadap persentase penurunan konsentrasi Warna. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12.
Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi waktu operasional dan Kepadatan Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi Warna

Two-way ANOVA: % removal Warna versus Waktu Operasional_1, Kepadatan_1					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasional_1	3	4294.78	1431.59	92.20	0.002
Kepadatan_1	1	840.21	840.21	54.11	0.005
Error	3	46.58	15.53		

Hipotesis :

H_0 adalah variabel tidak berbeda nyata/identik, sedangkan H_1 adalah variabel berbeda nyata/tidak identik. Dasar pengambilan keputusan apabila statistik F hitung > statistik F tabel maka H_0 ditolak, sebaliknya Jika statistic F hitung < statistik F tabel maka H_0 diterima. Pengambilan keputusan untuk angka P juga dapat dilihat Jika statistik P hitung > α 5% (0.05) maka Tidak Signifikan, sedangkan Jika statistik P hitung < α 5% 0.05 maka Signifikan.

Keputusan:

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F, waktu operasional didapat $F_{(0,05,3,3)} = 9,28$ dan tabel distribusi F kepadatan tanaman didapat $F_{(0,05,1,3)} = 10,13$. Nilai F hitung output waktu operasional dan kepadatan tanaman secara berturut-turut adalah sebesar 92,20 dan 54,11. Nilai probabilitas waktu operasional dan kepadatan tanaman adalah 0,002 dan 0,005.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung $> F$ tabel dan nilai $P < 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan Warna dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kepadatan tanaman adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung $> F$ tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan Warna dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan (Iriawan dan Astuti, 2006).

4.3.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, dalam hal ini hubungan antara waktu operasional dan variabel kepadatan tanaman dengan persentase penurunan konsentrasi Warna dapat digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.8. Dari hasil uji korelasi dapat diambil keputusan berdasarkan pada tabel 4.5, dimana terdapat klasifikasi nilai pearson korelasi.

Tabel 4.14.
Korelasi Antara Variabel Kepadatan Tanaman, Waktu operasional dan Persentase Penurunan Kosentrasi Warna

Correlations: % removal Warna; Waktu operasional_1; Kepadatan_1		
Waktu operasional	0,902	
	0,002	
Kepadatan	0,403	0,000
	0,323	1,000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Hasil analisis dari tabel 4.14 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara % penurunan Warna dengan variabel waktu operasional adalah sebesar 0,902. Karena nilai korelasi antara % penurunan Warna dengan variabel waktu operasional adalah sebesar 0,902 yaitu dapat dilihat pada tabel 4.5, maka dapat disimpulkan bahwa antara % penurunan warna dengan variabel waktu operasional



secara statistik memiliki hubungan korelasi yang sangat kuat. Agar lebih meyakinkan, kita perlu melakukan uji atas hipotesis.

Hipotesis:

$H_0 : p = 0$ vs $H_1 : p \neq 0$ atau $H_0 : p < 0,05$ vs $H_1 : p > 0,05$

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika statistik hitung (angka P-value output) $> \alpha$ (5% = 0.05), tidak ada korelasi
- Jika statistik hitung (angka P-value output) $< \alpha$ (5% = 0.05), ada korelasi

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.8 memperlihatkan bahwa nilai p-value dari variabel Waktu operasional adalah $0,002 < \alpha$ (5% = 0.05). Karena p-value lebih kecil dari α (5% = 0.05), maka keputusannya adalah ada korelasi antara persentase penurunan Warna dengan variabel waktu operasional.

Hasil analisis dari tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara persentase penurunan Warna dengan variabel kepadatan adalah sebesar 0,403. Karena nilai korelasi antara % penurunan Warna dengan variabel kepadatan tanaman adalah sebesar 0,403 yaitu dapat dilihat pada tabel 4.6, maka dapat disimpulkan bahwa antara persentase penurunan warna dengan variabel kepadatan tanaman secara statistik memiliki hubungan korelasi yang cukup kuat.

$H_0 : p = 0$ vs $H_1 : p \neq 0$ atau $H_0 : p < 0,05$ vs $H_1 : p > 0,05$

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika statistik hitung (angka P-value output) $> \alpha$ 5% (0.05), tidak ada korelasi
- Jika statistik hitung (angka P-value output) $< \alpha$ 5% (0.05), ada korelasi

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.6 memperlihatkan bahwa nilai p-value dari variabel kepadatan tanaman adalah $0,323 > \alpha$ (5% = 0.05), maka keputusannya adalah korelasi cukup kuat antara persentase penurunan Warna dengan variabel kepadatan.

4.3.4. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi pengaruhh suatu variable atau beberapa variabel variabel kepadatan tanaman, dan waktu operasional

terhadap variabel persentase penurunan konsentrasi warna. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan 4.16.

Tabel 4.15. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Warna

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-114,49	14,19	-8,07	0,000
Waktu operasional	1,02710	0,07799	13,17	0,000
Kepadatan	10,248	1,744	5,88	0,002

S = 4,93264 R-Sq = 97,7% R-Sq(adj) = 96,7%

Persamaan regresi
 % removal Warna = - 114 + 1,03 Waktu operasional_1
 + 10,2 Kepadatan_1

Tabel 4.16. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Warna

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	5059,9	2530,0	103,98	0,000
Residual Error	5	121,7	24,3		
Total	7	5181,6			

1). Persamaan Regresi

Berdasarkan hasil analisis regresi sepeffi yang tertera pada Tabel 4.14 maka didapatkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = -114 + 1,03X_1 + 10,2X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penurunan Konsentrasi Warna (%)

X₁ = Variabel Waktu operasional (Jam)

X₂ = Variabel Kepadatan (Tanaman/1,5 m²)

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah :

Berdasarkan tabel 4.9 dapat dilihat Suatu model persamaan regresi yaitu Y = -114 + 1,03X₁ + 10,2X₂, di mana Y adalah persentase penyisihan Warna (%), X₁ adalah variabel waktu operasional, X₂ adalah variabel kepadatan tanaman. Koefisien regresi sebesar -114. Variabel waktu operasional (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasional sebesar 20 jam dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan warna sebesar 1,03 dan (X₂) menyatakan bahwa setiap penambahan kepadatan 2 tanaman dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan warna sebesar 10,2.

2). Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan
- H_1 = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

a. Berdasarkan nilai T.

Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas berdasarkan nilai t di mana dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 % atau 0,05, Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dari tabel distribusi t didapat $(0,05,2)$ adalah 2,920 sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.9 adalah 13,17 (variable waktu operasional) dan 5,88 (variabel kepadatan), nilai t hitung variable waktu operasional dan variabel kepadatan lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi adalah signifikan.

b. Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

Pada tabel 4.14 nilai P untuk variable kepadatan adalah 0,002 dan untuk variable waktu operasional adalah 0,000 yang artinya probabilitas lebih kecil dari α (5% = 0.05). Dengan demikian, H_0 ditolak, dan koefisien regresi signifikan, atau variable kepadatan dan variable waktu operasional mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan konsentrasi warna.

3). Koefisien determinasi

Dari hasil analisis regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 97,7 %, hal ini berarti persentase penurunan warna adalah 97,7 % dapat dijelaskan oleh variable kepadatan dan variable waktu operasional. Sedangkan sisanya 2,3 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

4). Uji Kelinearan

Hipotesis :

- $H_0 = Y$ tidak memiliki hubungan linear dengan X
- $H_1 = Y$ memiliki hubungan linear dengan X

Dimana : Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas

Pengambilan keputusan :

a. Berdasarkan nilai F

b. Penarikan Kesimpulan:

- Jika F hitung $>$ F tabel, H_1 diterima
- Jika F hitung $<$ F tabel, H_0 diterima

(Soleh, 2005)

Dari uji kelinieran pada tabel 4.15 didapat nilai F hitung sebesar 103,98. Sedangkan nilai F tabel sebesar 5,79. Karena nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan liner dengan X (variabel bebas). Atau dengan katalain, persentase penurunan warna dengan variabel kepadatan dan variabel waktu operasional mempunyai hubungan linier.

4.4. Pembahasan

4.4.1. Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah suatu proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme maupun tanaman air terhadap limbah yang mengandung bahan pencemar. Sebelum diaplikasikan untuk mengolah air limbah terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi terhadap tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dengan air limbah industri sablon yang mengandung bahan pencemar, seperti COD dan Warna. Tujuannya adalah agar tanaman dapat menyesuaikan diri dengan air limbah sablon yang nanti akan menjadi media tempat tumbuhnya. Pada penelitian ini dilakukan aklimatisasi terhadap tanaman selama 7 hari. Komposisi perbandingan air limbah dan aquades sebagai pengencer adalah pada hari ke 1-2 sebesar 25% : 75% (1,25 liter air limbah dan 3,75 litter air pengencer/air

aquadest), terlihat tanaman masih kelihatan segar yaitu batang-batang belum ada yang menguning, tidak ada batang yang membusuk. Pada hari ke 3-4 sebesar 50% : 50% (2,5 liter air limbah dan 2,5 liter air pengencer/air aquadest), terlihat ujung batang tanaman menunjukkan warna kuning sebagai reaksi proses adaptasi terhadap air limbah. Pada hari ke 5-6 sebesar 75% : 25% (1,25 liter air limbah dan 3,75 liter air pengencer/air aquadest), tanaman mulai menunjukkan bahwa sudah mampu beradaptasi terhadap air limbah, dimana ditandai dengan ruas-ruas batang yang mulai menghijau kembali. Dengan demikian dapat diasumsikan waktu optimal tanaman beradaptasi terhadap air limbah yaitu antara hari ke 5-6, batang-batang terlihat mulai berwarna hijau kembali dan muncul roset-roset baru. Pada hari ke 7 sebesar 100% : 0% (5 liter air limbah dan 0 liter air pengencer/air aquadest), tanaman sudah siap digunakan untuk proses pengolahan. Selama proses aklimatisasi berlangsung tanaman dapat tumbuh dengan baik dan mulai menggandakan dirinya menjadi tunas - tunas yang baru pada media tanam. Setelah proses aklimatisasi selesai, dipilih tanaman yang sehat dan mengaplikasikannya pada media tanam yang akan digunakan untuk penelitian. Dari proses aklimatisasi ini terdapat data kuantitatif dari penyisihan konsentrasi COD dan Warna ialah 9,04 % dan 18,25 %.

4.2.2. Substrate (Media Tanam)

Substrate atau media tanam tanaman merupakan salah satu faktor pendukung utama dalam instalasi penjernih limbah cair. Hal ini disebabkan karena proses biologis, kimia dan fisika dalam penjernihan limbah cair terjadi pada substrate yang ditanami dengan berbagai macam tumbuhan gulma air emergent (Netter, 1992 dalam Kurniadie. D,2011) dalam hal ini tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*).

Media tumbuh yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir, adapun fungsi dari media tanam atau substrate adalah sebagai media tumbuh gulma air emergent merupakan tempat menempelnya mikroorganisme anaerob untuk mendekomposisi bahan organik pencemar, mempengaruhi waktu tinggal, memberikan kesempatan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan pencemar pada limbah sablon, dan tersedianya oksigen yang kesemuanya akan

berpengaruh pada efisiensi pembersih dari instalasi pengolah limbah cair sablon (wood, 1990 dalam Kurniadie. D,2011).

Proses penurunan bahan organik pada fitoremediasi ini terjadi melalui proses secara fisik dan biologis (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Mekanisme penurunan COD dan Warna pada fitoremediasi melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi, sedangkan proses biologisnya meliputi proses aktifitas metabolisme mikroorganisme dan interaksi kimia fisik di dalam zona perakaran, (Findlater, 1990). Proses sedimentasi terjadi karena air limbah melewati media tanam (pasir) dan jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media tanam dan zona akar dapat mengendap. Pada kondisi waktu tinggal yang lebih panjang, padatan berkesempatan lebih besar untuk mengendap. Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media.

Media tanam dalam penelitian ini memberikan pengaruh terhadap proses penurunan COD dan Warna, dimana konsentrasi output dari kedua parameter uji tersebut mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan media tanam menjadi tempat terjadinya proses penurunan oleh akar tanaman dan mikroorganisme.

4.2.3. Penurunan Konsentrasi COD dan Konsentrasi Warna Pada Air Limbah Sablon

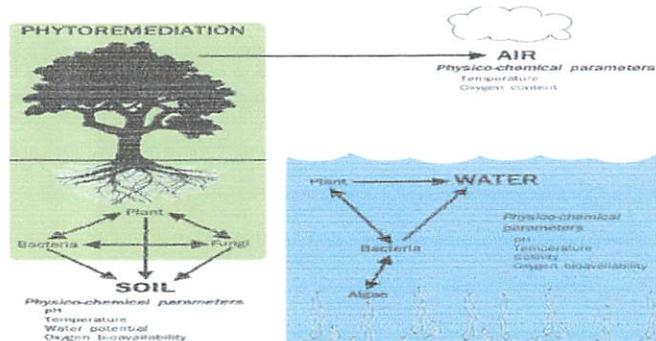
Mendong merupakan jenis gulma air emergent atau mengapung, dimana gulma jenis ini mempunyai ciri memiliki perakaran yang melekat di dasar perairan dengan batang dan daun berada di atas permukaan air. Jenis tumbuhan ini mampu beradaptasi pada kondisi air tergenang karena memiliki jaringan antar sel yang disebut *aerenchym* atau saluran seludang udara, sehingga mampu menghisap oksigen dari udara yang selanjutnya dikeluarkan pada daerah *rizhosphere* atau lapisan dari tanah di mana akar-akar tanaman secara umum beraktivitas (Kurniadie.D, 2011).

Konsidi pH dalam penelitian ini menjadi faktor penunjang dalam penurunan konsentrasi COD dan Warna, dimana Temperatur biasanya diukur dengan menggunakan termometer air raksa dengan skala Celsius. Nilai pH air

digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14; kisaran nilai pH 1 -7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Siregar, 2005). Nilai pH awal sebelum pengolahan adalah 5,7 sedangkan nilai pH setelah pengolahan adalah 6,9. Menurut Prayitno (2008) Jika yang terbawa oleh air limbah sablon mengandung pencemar, dalam jumlah yang normal pencemar ini tidak berdampak apapun bagi tanah maupun badan air namun dalam jumlah yang cukup besar dapat merusak struktur tanah dan badan air, misalkan dapat meningkatkan pH menjadi lebih asam atau lebih basa. Air limbah sablon adalah tercemar dimana membawa zat pencemar yang melebihi standar baku mutu yang lama-lama kelamaan akan memberikan dampak yang serius bagi tanah maupun badan air. Begitupun untuk nilai temperature dalam air limbah sablon memberikan pengaruh secara langsung pada proses evaporasi dan evapotranspirasi perlakuan. Suhu berbanding lurus dengan evaporasi dan evapotranspirasi. Suhu lingkungan mengalami fluktuasi per harinya. Hal ini dikarenakan kondisi cuaca pada hari pengamatan dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Namun fluktuasi suhu harian tidak mencapai selisih yang terlalu besar.

Semakin padat tanaman dan lama waktu operasional, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi bahan organik. Variasi kepadatan tanaman dan waktu operasional pada penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan konsentrasi COD. Hasil penelitian tersebut ditunjang dengan analisis ANOVA Two-Way pada reaktor kontinyu yang menunjukkan bahwa prosentase COD dalam perlakuan memang tidak identik atau ada perbedaan yang signifikan. Dilihat juga pada analisa probabilitas kedua variabel yang dapat dinyatakan signifikan. Hal ini berarti variasi kepadatan tanaman dan waktu operasional mempengaruhi terhadap penurunan konsentrasi COD pada kedua reaktor.

Adapun gambar simulasi mekanisme proses pengolahan air limbah dengan bantuan tanaman dan mikroorganisme adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 simulasi proses phytoremediation (www.intechopen.com)

Terlihat pada gambar diatas dimana proses interaksi antara tanaman, mikroorganismenya, dan tanah terhadap proses pengolahan. Pada proses fitoremediasi mekanismenya adalah tanaman menghirup oksigen dari udara, selanjutnya dikeluarkan pada daerah *rizhosphere* atau lapisan dari tanah di mana akar-akar tanaman secara umum beraktivitas. Oksigen pada dasarnya sangat dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk bertahan hidup. Pada proses penyisihan awal yang berperan adalah mikroorganismenya, dimana mikroorganismenya menguraikan bahan organik yang terdapat pada air limbah menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tanaman melalui akar yang akan memacu mikroorganismenya untuk mempercepat proses penguraian bahan organik

Pada proses fitoremediasi dengan menggunakan tanaman mendong menurunkan konsentrasi COD yaitu bekerja sama dengan mikroorganismenya yang berada disekitar akar. Bakteri di sekitar perakaran tanaman mendapatkan asupan energi dari senyawa metabolit yang dikeluarkan oleh tanaman melalui akar. Menurut Rodriguez & Fraga (1999) dalam Silitonga, DM (2010), senyawa metabolit tersebut dapat berupa senyawa-senyawa gula, asam amino, asam organik, glikosida, senyawa-senyawa nukleotida, vitamin, enzim indol, dan gas oksigen. Aktivitas metabolisme dan senyawa metabolit yang dilepaskan oleh tanaman ke dalam tanah melalui akar merupakan faktor yang sangat menentukan keadaan mikrobiologi tanah pada daerah perakaran tanaman (Silitonga,DM,2010). Mikroorganismenya berada disekitar akar karena mendapatkan asupan makanan yang menjadikan energinya. Asumsi bertambahnya populasi tanaman mendong yaitu semakin meningkat asupan makanan yang disediakan untuk mikroba oleh

tanaman dan menambah populasi mikroba yang berada disekitar akar. Sehingga akan meningkatkan kinerja mikroba melakukan mendegradasi senyawa-senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa yang sederhana didalam air limbah dan diserap oleh akar tanaman.

Melalui mekanisme proses pengolahan dengan menggunakan tanaman air yaitu mendong (*Fimbristylis Globulosa*), konsentrasi COD dalam air limbah akan berkurang. Dalam hal ini bakteri dan Mendong merupakan organisme utama yang berperan dalam proses pembuangan zat organik dan nutrien dalam air limbah. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tanaman melalui akar yang akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik (Kurniadie.D, 2011). Akar tanaman yang menyediakan O₂ bagi bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik (Polprasert, 1989 dalam Dhokkikah, 2006).

Semakin bertambah lamanya waktu operasional air limbah di dalam reactor uji maka akan memberikan waktu yang lebih lama untuk tanaman mendong dan mikroba untuk mengurai kandungan pencemar didalam air limbah sablon, sehingga diasumsikan polutan akan terdegradasi lebih banyak pula. Pernyataan ini sejalan dengan hasil analisa statistik analisa korelasi.

Simbiosis mutualisme yang terjadi antara tanaman dan bakteri mendapatkan zat hara yang kaya energi dari tanaman mendong sedangkan tanaman mendong mendapatkan senyawa nitrogen dari bakteri untuk melangsungkan kehidupannya.

([http://Jurnal-Bakteri-Bintil-Akar_The Rector.htm](http://Jurnal-Bakteri-Bintil-Akar_The_Rector.htm)).

Pada uji korelasi menunjukkan pengaruh variabel kepadatan terhadap persen penyisihan konsentrasi COD memiliki korelasi yang sangat lemah, sedangkan untuk variasi waktu operasional memiliki korelasi yang sangat kuat. Hasil analisa regresi menunjukkan koefisien regresi untuk variabel waktu operasional adalah signifikan, sedangkan untuk variabel kepadatan tanaman adalah tidak signifikan. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa hubungan antara analisa ANOVA, korelasi, dan regresi adalah konsisten.

Berdasarkan hasil analisa statistik dapat diketahui bahwa waktu operasional memberikan pengaruh terhadap kesempatan tanaman uji untuk menyerap unsur-unsur polutan dalam air limbah. Sehingga dengan bertambah lamanya waktu operasional dan bertambahnya kepadatan tanaman, maka persentase penurunan konsentrasi COD akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Menurut Keputusan Gubernur Jawa Timur N0. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, besarnya konsentrasi akhir COD limbah cair industrisablon yang telah melalui pengolahan dengan proses penyerapan oleh tanamanMendong (*Fimbristylis Globulosa*)yaitu sebesar 63,66 mg/l. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair bagi industri yaitu dibawah 150 mg/L, maka telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, sehingga aman dibuang ke badan air penerima.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ayudyaningtyas.AT, 2011. Pengolahan *fitoremediasi* dengan memanfaatkan tanaman air terutama tanaman *Hydrilla verticillata* menghasilkan limbah dengan nilai konsentrasi BOD dan COD yang memenuhi standart baku mutu yang ada, maka limbah hasil olahan aman untuk dibuang ke badan air penerima setelah hari ke-6.

Konsentrasi akhir COD limbah cair industri tahu yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman *Lemna minor* sehingga menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 1037,5mg/l sementara proses penyerapan oleh tanaman *Hydrilla verticillata* sebesar 260,5mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan *fitoremediasi* dengan *Hydrilla verticillata* di hari ke-6 sudah memenuhi standart baku mutu. (Ayudyaningtyas.AT, 2011).

Dalam penelitian Zustianingtyas.D, 2009. Hubungan variasi waktu operasional (pengambilan sampel) dengan jumlah tanaman terhadap persentase penurunan COD ini searah baik pada reaktor yang menggunakan media pasir maupun gerabah, Waktu tinggal optimum dan kepadatan optimum tanaman yang menghasilkan persentase penurunan COD yang besar baik media pasir dan

gerabah berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.1 adalah jam ke 108 (4,5 hari) dengan jumlah tanaman dalam reaktor adalah 6 tanaman (Dian Zustianingtyas,2009).

Pada penelitian ini, tanaman Mendong mampu menurunkan konsentrasi COD pada air limbah sablon dengan kepadatan optimum 8 tanaman/1,5m². Selain dipengaruhi oleh jumlah tanaman, pada penelitian ini juga menunjukkan hasil yang dipengaruhi oleh variabel waktu operasional. Dimana waktu operasional yang optimum adalah pada jam ke-120.

Pada uji Anova variabel kepadatan dan waktu operasional tanaman terhadap penyisihan konsentrasi warna adalah berbeda nyata atau tidak identik, dengan adanya perbedaan ini menyatakan bahwa pada variabel kepadatan tanaman dan waktu operasional mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan konsentrasi warna. Dapat di buktikan juga pada uji probabilitas dari variabel kepadatan dan waktu operasional yang diambil keputusan bahwa adanya perbedaan atau signifikan.

Mendong adalah organisme autotrof fotosintetik, mendong memperoleh energi dari sinar matahari dan menggunakan bahan anorganik seperti karbon dioksida, ammonia atau nitrat, dan fosfat dalam sintesis sel-sel tambahan. Dalam fotosintesis akan terbentuk molekul oksigen. Oksigen dilepaskan ke dalam lingkungan dan digunakan oleh bakteri pada waktu metabolisme bahan-bahan organik.

Adanya bahan limbah (makanan), metabolisme mikroba akan berlangsung memproduksi sel-sel baru dan energi padatan mikroba akan meningkat (Sri.B, 1993).

Warna didalam air disebabkan oleh zat warna yang berasal dari bahan organik maupun anorganik seperti ion-ion logam alam (besi dan mangan) dan senyawa kimia. Zat warna sablon merupakan senyawa organik yang akan memberikan nilai COD (Betty dan Pudji, 1993). Penghilangan zat warna dari air limbah sablon akan menurunkan COD dalam air limbah. Proses penyisihan konsentrasi warna melalui penyerapan oleh akar tanaman mendong yang bekerjasama dengan mikroorganisme, karena Tanaman tidak memilih jenis unsur apa yang akan diserapnya, sehingga unsur hara yang terdapat pada media tanam

langsung diserap tanpa diseleksi terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan tanaman tidak dapat memilih jenis unsur apa yang menguntungkan maupun yang merugikan baginya. Kecepatan penyerapan suatu unsur hara dipengaruhi oleh konsentrasi unsur hara tersebut dalam larutan yang akan diserapnya. Semakin tinggi konsentrasi unsur hara dalam larutan yang diserap, harus diimbangi dengan kecepatan penyerapan yang relatif tinggi. Kecepatan penyerapan suatu unsur hara berbeda pada tiap jenis, dan varietas tanaman serta unsur hara yang ada. Sehingga dalam penelitian ini konsentrasi air limbah yang mengandung COD dan warna mengalami penurunan karena zat anorganik yang terdapat dalam air limbah sebagian besar digunakan oleh tanaman sebagai unsur haranya (Kurniadie.D, 2011). Dalam penelitian ini air limbah sablon yang mengandung zat warna sebanyak 11,01 Pt.CO dan mempunyai COD 497,67 mg/l, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*), maka air limbah sablon tinggal mengandung zat Warna 0,53 Pt.CO dan COD sebesar 63,66mg/l. Dengan demikian apabila konsentrasi zat warna dalam air limbah yang diolah berkurang maka konsentrasi COD akan berkurang juga.

Pada uji korelasi menunjukkan pengaruh variabel kepadatan terhadap persen penyisihan konsentrasi warna memiliki korelasi yang cukup kuat, begitupun dengan variabel waktu operasional mempunyai hubungan yang sangat kuat terhadap persen penyisihan warna pada air limbah.

Pada analisa regresi berdasarkan nilai T yaitu nilai T hitung untuk variabel waktu operasional dan kepadatan > nilai T tabel. Hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel adalah signifikan, berarti dengan penambahan kepadatan tanaman dan waktu operasional memberikan pengaruh terhadap persen penyisihan konsentrasi warna pada air limbah ialah signifikan. Dapat dibuktikan juga dengan uji probabilitas, yaitu nilai P untuk kedua memiliki pengaruh secara signifikan terhadap persen penyisihan konsentrasi warna.

Hasil analisis uji statistik diatas menunjukkan bahwa jika peningkatan kepadatan tanaman dan waktu operasional akan meningkatkan persentase penyisihan konsentrasi warna, dan hasil uji statistik ANOVA, korelasi, dan regresi adalah konsisten.

Berdasarkan hasil analisa statistik dapat diketahui bahwa waktu operasional dan kepadatan tanaman memberikan pengaruh terhadap kesempatan tanaman uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah. Sehingga dengan bertambah lamanya waktu operasional dan bertambahnya kepadatan tanaman, maka persentase penurunan konsentrasi COD akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Menurut Keputusan Gubernur Jawa Timur N0. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, besarnya konsentrasi akhir konsentrasi warna limbah cair industri sablon yang telah melalui pengolahan dengan proses penyerapan oleh tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) yaitu sebesar 0,53 Pt.Co, apabila dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair bagi industri yaitu dibawah 1 Pt.Co, maka telah memenuhi sehingga aman dibuang ke badan air penerima.

Pada penelitian penurunan konsentrasi warna ini searah dengan penelitian terdahulu, Semakin lama waktu operasional dan semakin besar variasi kerapatan tumbuhan maka semakin besar pula persentase penyisihan konsentrasi warna. Semakin banyak jumlah kayu apu yang terdapat pada reaktor maka kemampuannya untuk menyerap konsentrasi warna akan semakin besar. Penyisihan konsentrasi warna yang optimum yaitu pada kerapatan 40 mg/cm² dengan waktu operasional 6 hari ialah sebesar 0,92 Pt.Co (Renianti, 2008).

Pada penelitian ini, tanaman mendong mampu menurunkan konsentrasi COD pada air limbah sablon dengan kepadatan optimum 8 tanaman/1,50 cm². Selain dipengaruhi oleh jumlah tanaman, pada penelitian ini juga menunjukkan hasil yang dipengaruhi oleh variabel waktu operasional. Dimana waktu operasional yang optimum adalah pada jam ke-120.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Pada fitoremediasi dengan menggunakan mendong (*Fimbristylis Globulosa*) mampu menurunkan kadar COD sebesar 87,2 %, dengan konsentrasi awal 497,67 mg/l menjadi 63,66 mg/l. Demikian juga % penyisihan konsentrasi warna sebesar 95,12 % dengan konsentrasi awal 11,01 Pt.CO menjadi 0,53 Pt.CO.
- Pada fitoremediasi menggunakan mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dengan variasi kepadatan tanaman dapat menurunkan kadar COD sebesar 87,2 % yaitu pada kepadatan optimum 8 tanaman/150 cm², dengan konsentrasi awal 497,67 mg/l menjadi 63,66 mg/l. Demikian juga % penyisihan konsentrasi warna sebesar 95,12% dengan konsentrasi awal 11,01 Pt.CO menjadi 0,53 Pt.CO.
- Adanya pengaruh variabel waktu operasi dan Kepadatan tanaman dalam penurunan konsentrasi COD dan Warna. Dimana pada waktu 60,80,100,120 jam pada kepadatan 6 tanaman/150 cm² dan 8 tanaman/150 cm². Penurunan konsentrasi diakibatkan oleh proses metabolisme mikroorganisme dan penyerapan oleh tanaman, sehingga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persen penyisihan COD dan warna.

5.2 Saran

5.2.1. Saran Penggunaan

Sistem pengolahan dengan proses fitoremediasi ini sudah bisa di aplikasikan didalam IPAL, dengan parameter yang diolah adalah COD dan Warna. Sebab pada penelitian ini kedua parameter setelah melalui proses pengolahan menunjukkan konsentrasi yang sudah memenuhi standar baku mutu. Kriteria bangunan secara skala laboratorium adalah 8 tanaman/150 cm².



Apabila system ini digunakan didalam system IPAL, maka tinggal disesuaikan dengan volume air limbah yang akan diolah dengan luas lahan yang tersedia. Berdasarkan kriteria bangunan yang telah dilakukan melalui penelitian ini. Teknologi pengolahan ini tidak digunakan sebagai system pengolah tunggal. Dimana konsentrasi polutan lain belum dilakukan analisa seberapa besar efisiensi penurunannya, dengan kata lain perlu adanya kombinasi dari sistem pengolah lainnya.

5.2.2. Saran Perbaikan

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan, variasi waktu operasional dan kepadatan tanaman sesuai dengan kemampuan fitoremediator yang di gunakan.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis aliran yang berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang melakukan sistem pratreatment.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah variasi kepadatan tanaman
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan agar air dapat dimanfaatkan sebagai air baku air minum.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Ajeng Widianingtyas, 2008. *Uji Kemampuan Tanaman Eceng Gondok Untuk Menurunkan Kandungan Konsentrasi Cr Total Dan Warna Pada Limbah Industri Tekstil*, Skripsi Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Analisa Jasa Tirta, 2012. *Tentang, Analisa Kandungan Konsentrasi BOD,COD,TSS,Cr Total,Warna Pada Limbah Sablon (Roemah Cetak)*. Kota Malang.
- Anonim Dalam Sri Purwanti, 2007. *Potensi Dan Pagaruh Tanaman Pada pengolahan Air Limbah Pulp Dan Kertas Dengan Sistem Lahan Basah*. <http://www.bbpk.go.id/main/bbsfiles/vol42no2/7.Mendong.pdf>. [Diakses 19 September 2012; 12.07 WIB].
- Betty Sry Laksmi Jenie dan Winiati Pudji Rahayu, 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Bisri, 1998. Dalam Prof.Dr.H. Kurniadie, Denny, Ir., MSc,2011. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis*. Widya Padjadjaran, Bandung.
- Clark, Adrian V, 1974. *Cosmic mysteries of the universe*. Parker Publishing Company, West Nyack, N. Y.
- Crtes dan Tchobanoglus, 1998, Findlater,1990. Dalam Franciskus X.B.D, 2013. *Efektifitas Tanaman Air Ciperus Papyrus (Cyperus Papyrus) Dalam Pengolahan Limbah Cair Kantin Dengan Metode Fitoremediasi*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN MALANG.
- Direktorat Perkotaan Dan Perdesaan wilayah jawa barat, 2003. *Fitoremediasi*. <http://digilib-ampl.net/file/pdf/fitoremediasi.pdf> [Diakses 25 Juli 2012; 12.46 WIB].
- Dian Zustianingtyas, 2009. *Pengolahan Limbah Domestik Rumah Susun Dengan Sistem Rawa Buatan (Constructed Weatland) dalam Menurunkan Konsentrasi COD dan TSS*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN MALANG.
- Dhokhikah, Y., 2006. *Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Sub-Surface Untuk Menurunkan COD, TS dan Deterjen*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh



- Guntur Nusantara, 2003. Dalam Widyaningsih, 2012. *Pengaruh Variasi Biomassa Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Terhadap Kandungan Krom (Cr) Limbah Cair Industri Sablon "Temenan" Monjali Yogyakarta*
Jogjakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
<http://eprints.uny.ac.id/9524/1/COVER%20-%20007308141020.pdf> [Diakses 2 Januari 2013; 12.13 WIB].
- Hayati, Anik Puji, 2010. *Sintesis dan uji aktifitas biologi senyawa antibiotika*, Inspektorat Jenderal, Indonesia.
- Ir. Hatta Sunanto. B.Sc.,MS, 2000. *Budi Daya Mendong*. Kanisius Djogjakarta.
- Irawan, Nur, Ph.D dan Septin Puji Astuti, S.Si, MT, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi, Yogyakarta.
- Irawanto, 2010. *fitoremediasi lingkungan dalam taman bali*
http://rony001.blogspot.com/2010_09_01_archive.html [Diakses 25 Juli 2012; 12.46 WIB].
- Keputusan Gubernur Jawa Timur. No. 45 Tahun 2002. Tentang. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- Kurniadie, Denny, Prof.Dr.H. Ir., MSc,2011. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis*. Widya Padjadjaran, Bandung.
- Mantell, S.H. dan Smith, H. 2004. *Plant Biotechnology (3th Edition)*. University Press. Cambridge
- Mays, Larry W, 1996. *Applied hydrology*. McGraw-Hill Book, New York.
- Metcalf and Eddy, 1981. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse*, Revised by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi
- National Academy Of Sciences, 1975. Dalam Prof.Dr.H. Kurniadie, Denny, Ir., MSc,2011. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis*. Widya Padjadjaran, Bandung.
- Odum, Eugene P, 1971. *Fundamentals of ecology*. W.B. Sounders company, London.
- Prasetyaningtyas, Dyan., 2003. *Evaluasi Kinerja Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Pada IPAL Domestik Tlogo Mas Malang Surabaya*: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Renianti Galla, 2008. *Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Dalam Menurunkan Konsentrasi COD Dan Warna Pada Limbah Industry "X"*, Skripsi Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Silitonga Dessy Merry, 2010. *Isolasi Dan Uji Potensi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penghasil Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Terhadap*

- Pertumbuhan Kedelai (Glycine Max L) Pada Tanah Kuning.* Universitas Sumatera Utara.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.* Universitas Indonesia.
- Sri Harini, Turmudi, 2007. *Metode statistika,* UIN Malang Press, Malang.
- Tim indocamp, 2010. *Peluang Usaha dan teknik cetak Sablon.* Jakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia. Nomor 32 tahun 2009. *Tentang. Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Vymazal, J. Brix, H. cooper, 1999. Dalam Dhokhikah, Y., 2006. *Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Sub-Surface Untuk Menurunkan COD, TS dan Deterjen.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Wahyu Sugar Ibrahim, 2012. *Karakteristik Fisik Dan Kimia Limbah Cair,* <http://k011tiUMB.blogspot.com/2009/12/karakteristik-fisik-dan-kimia-limbah.html> [Diakses 23 Oktober 2012; 10.36 WIB].
- Widyastuti Nurjayanti , Wisnu Setiawan , Dalam Subrata, 2007. *Upaya meningkatkan kualitas bangunan dan lingkungan melalui pendekatan tridaya.* Inspektorat Jenderal. Indonesia.
- Wikipedia, 2012. *Aklimatisasi,* <http://id.wikipedia.org/wiki/aklimatisasi.html>. [Diakses 27 Oktober 2012; 08.15 WIB].
- Yohanna, C., 2007. *Pemanfaatan Tanaman Canna sp pada Sistem Sub-surfaceFlow Constructed Wetland dalam Menurunkan Kadar Minyak, COD dan TSS Pada Limbah Cair Domestik Dengan Pre-treatmen Perangkat Lemak.* Malang: Institut Teknologi Nasional



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM

JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Sudiro, ST.MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		buat outline laporan - Revisi asli distesiskan dulu.	
		- Revisi outline - Revisi bab IV	
		bab IV diperbaiki - waktu di perbaiki - Tolong ?? - waktu penelitian ??	
	10/06-2013	Revisi alih bahasa di bab IV	

26/06-2013 = Spekulasi pembaharuan di skripsi sy tujuan di persiapkan.

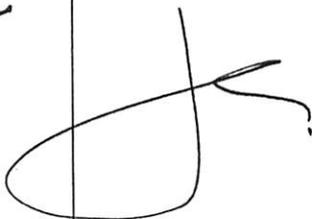


LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM

JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Sudiro, ST.MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	10 7 - 2013	<p>Kembalikan dipertanya dg kompartemen-kompartemen</p> <p>= kesimpulan dipelajari = sama dipelajari</p> <hr/> <p>perjemingan</p>	 



LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM
JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Evy Hendrianti, ST.MMT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
11.	3/7 '13.	tes cuplikan analisa statistik dijelaskan dari teori, formula, sumber referensi	
12.	10/7 '13	Cek.	
13.	12/7 '13.	Susunan penulisan sesuai mekanisme treatment tsd.	
14.	15/7 '13.	① Pertumbuhan, perubahan COD, warna, bakteri. ② Cek. rekolonisasi	



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM

JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Evy Hendriaranti, ST.MMT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	8/4 '13	- lampiran perbandingan d. - buku mutu - terapan lampiran tabel & grafik.	
2.	10/4 '13	-> Cc. terapan perbaikan, redaksi penulisan.	
3.	12/4 '13	-> analisa deskriptif -> Cc. anova	
4.	15/4 '13	-> Cc. analisa statistika -> pelajari ds teliti	



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM

JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Evy Hendriarianti, ST.MMT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
5.	24/4 '13.	Ceg. analisa r konversi dan regresi	
6.	30/4 '13	Me	
7.	20/5 '13.	-> Ceg. reduksional kalimat, BI yg dikalikan -> Sumber analisa statistik utk uji F, T. -> Uji parameter warna fermat mengaktif COD.	
8.	22/5 '13	-> Ceg. konversi hasil uji statistik, faprt.	

9 27/6 '13 -> Ceg. dan Anova 2 way

10. 1/7 '13 -> Analisa statistik. dr.



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

NAMA : MIFTAH ARISTA TAQLIM

JUDUL : "UJI KEMAMPUAN TANAMAN MENDONG (FIMBRISTYLIS GLOBULOSA) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI COD DAN WARNA PADA AIR LIMBAH INDUSTRI SABLON" (Studi Kasus : Industri Sablon "Roemah Cetak" di Kecamatan Wagir, Kab. Malang)

Dosen Pembimbing : Evy Hendriarianti, ST.MMT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
15	18/7 '13	① Dikawat. pembungkusan sels kawat, ② lesipula. pengawak. variabel bebas. 2.	
16.	19/7 '13.	revisi, lesipula.	
17	22/7 '13	Abstrak & Siap Seminar.	

Lampiran I

Hasil Analisa



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL.VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor : LP.409/RT.5/T.1/R.O/TT.150807/2013

1. Data Konsumen :

Nama Konsumen : Miftah Arista Taqlim
Instansi : FTSP Jurusan T. Lingkungan ITN Malang
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang
Telpon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Penelitian

2. Sampling Dilakukan : Oleh Konsumen

3. Identifikasi Sampel :

Nama Sampel : *Limbah Cair Industri Sablon*
Wujud : Cair
Warna : Hitam Bening
Bau : -

4. Prosedur Analisa : Dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian Laporan Hasil Analisa : Diambil Sendiri

6. Tanggal Terima Sampel : 24 Februari 2013

NO	PARAMETER	KODE	HASIL ANALISA				SATUAN	METODE ANALISA	PEREAKSI
			KADAR						
			I	II	III	R			
1	COD	T0 R1	444	443	444.5	443.833	mg/L	Redoks	Amonium ferro sulfat
2		T1 R1	364	360	363	362.333	mg/L		
3		T2 R1	284	280.3	283	282.433	mg/L		
4		T3 R1	116	118	115	116.333	mg/L		
5		T0 R2	400	401.7	402	401.233	mg/L		
6		T1 R2	316	314	313	314.333	mg/L		
7		T2 R2	240	241	239.6	240.2	mg/L		
8		T3 R2	62	63	66	63.6667	mg/L		



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

9	Warna	T0 R1	9.84	9.86	9.84	9.84667	Pt.Co	Spektrofotometer	
10		T1 R1	7.35	7.35	7.36	7.35333	Pt.Co		
11		T2 R1	6.41	6.42	6.42	6.41667	Pt.Co		
12		T3 R1	3.03	3.1	3.03	3.05333	Pt.Co		
13		T0 R2	7.83	7.66	7.66	7.71667	Pt.Co		
14		T1 R2	5.88	5.87	5.9	5.88333	Pt.Co		
15		T2 R2	3.45	3.45	3.62	3.50667	Pt.Co		
15		T3 R2	0.5	0.5	0.61	0.53667	Pt.Co		

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 27 Februari 2013

Ketua

Kalab. Lingkungan,



[Signature]
Eddy Priyo Utomo, MS.
NIP. 19571227 198603 1 003

[Signature]
Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 19600504 198603 1 003



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL.VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor : LP.410/RT.5/T.1/R.O/TT.150807/2013

1. Data Konsumen :

Nama Konsumen : Miftah Arista Taqlim
Instansi : FTSP Jurusan T. Lingkungan ITN Malang
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang
Telpon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Penelitian

2. Sampling Dilakukan : Oleh Konsumen

3. Identifikasi Sampel :

Nama Sampel : *Ekstraksi Akar Mendong (Fimbristylis Globulosa)*
Wujud : Cair
Warna : Hitam Pekat
Bau : -

4. Prosedur Analisa : Dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian Laporan Hasil Analisa : Diambil Sendiri

6. Tanggal Terima Sampel : 24 Februari 2013

NO	PARAMETER	KODE	HASIL ANALISA					METODE ANALISA	PEREAKSI
			KADAR				SATUAN		
			I	II	III	R			
1	COD	A	521	520	520	520.3333	mg/L	Redoks	Amonium ferro sulfat



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

2	Warna	B	10.26	10.25	10.26	10.25667	Pt.Co	Spektrofotometer
---	-------	---	-------	-------	-------	----------	-------	------------------

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 27 Februari 2013

Kalab. Lingkungan,

Ketua




Priyo Utomo, MS.
NIP. 19571227 198603 1 003


Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 19600504 198603 1 003



SERTIFIKAT CERTIFICATE

2781 S/LKA MLG/VIII/2012

Nomor :

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama :
Name

Alamat :
Address

Miftah Arista

Jl. Tlogosuryo No. 5 Malang

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji :
Sample Code

Jenis Contoh Uji :
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji :
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji :
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji :
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 07 Agustus 2012 Jam : 14:30 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

Ext. 136 /PC/VIII/2012/ 155

Air Limbah Sablon

Malang

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 27 Agustus 2012
Place/ Date of Issue

Contoh uji diambil oleh Miftah Arista
Tanggal, 07 Agustus 2012

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I



Inn Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Nomor : 2781 S/LKA MLG/VIII/2012

Kode Contoh Uji : Ext. 136 /PC/VIII/2012/ 155
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 07 Agustus - 27 Agustus 2012
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
<i>Air Limbah Sablon</i>					
1	BOD	mg/L	727,0	APHA. 5210 B-1998	-
2	Krom Total	mg/L	<0,0204	APHA. 3111 B-2005	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR PERUM JASA TIRTA I

Jl. Surabaya No. 2A Malang 65115 - Telp. (0341) 551971 Faks. (0341) 551976

Desa Lengkong Kec. Mojoenyar Mojokerto telp. (0321) 331880 Faks. (0321) 333370

Bukti Penerimaan Contoh Uji Eksternal

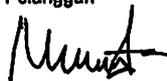
Kode Lab :/TPCU/LKA/VIII/2012

Telah menerima sampel untuk dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

1 Pemilik : Miftah Arista
 2 Alamat : Jl. Tlogosuryo No. 5 Malang
 3 Telp./Fac. : 085649113944
 4 Jenis contoh uji : Air Limbah
 5 Tanggal/waktu pengambilan contoh uji : 07 Agustus 2012
 6 Lokasi pengambilan contoh uji : Malang
 7 Kondisi Lingkungan : -
 8 Petugas pengambil contoh uji : Miftah Arista
 9 Tanggal penerimaan contoh uji : 07 Agustus 2012
 10 Hasil analisa selesai tanggal : 28 Agustus 2012

No.	Uraian Contoh Uji	Jenis/Parameter yang diuji	Jumlah	Harga (Rp.)		Kaji Ulang Permintaan *)
				Satuan	Jumlah	
1	Air Limbah Sablon	BOD	1	38.000	36.000	1 Metode (terlampir) 2 SDM 3 Alat
		Cr Total	1	48.000	48.000	
Blaya					84.000	Paraf Ka. Lab.
PPN 10 %					8.400	
Total Blaya					92.400	

Pelanggan


 ...MIFTAH...A.T.

Malang, 07 Agustus 2012

Staf LKA PJTI


 Tahta Sangga Wilaya
Keterangan

*) Beri tanda (V) bila telah diklarifikasi dengan pelanggan/mitra kerja

1. Kondisi contoh uji yang diterima LKA telah diverifikasi oleh pelanggan (terlampir)
2. Apabila terjadi perubahan dalam kaji ulang (metode, SDM, Alat), maka kami menyetujui langkah yang diambil LKA Perum Jasa Tirta I sesuai persetujuan kami lewat telephone/surat/facsimile*)

A. Perhitungan Bak Penampung

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang reaktor (L)} &= 0,50 \text{ m} \\ \text{Lebar reaktor (W)} &= 0,30 \text{ m} \\ \text{Tinggi reaktor (H)} &= 0,50 \text{ m} \\ \text{Tinggi media} &= 0,20 \text{ m} \\ \text{Porositas pasir} &= 0,39 \\ \text{Suhu operasi} &= \pm 25,85^{\circ}\text{C}; \nu = 0,9186 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik} \\ \text{Volume reaktor} &= L \times W \times H \\ &= 0,50 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \\ &= 0,075 \text{ m}^3 = 75 \text{ L} \\ \text{Luas permukaan (A)} &= \text{tinggi reaktor} \times \text{lebar reaktor} \\ &= 0,50 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \\ &= 0,15 \text{ m}^2 \\ \text{Debit (Q)} &= 0,0225 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} \\ &= 2,60 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Waktu Tinggal (td)

Waktu yang dihitung dengan persamaan (Metcalf & Eddy, 2001) :

$$t = \frac{L W n d}{Q} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- L : Panjang reaktor (m)
- W : Lebar reaktor (m)
- n : fraksi dari area cross- section yang tidak terdapat tumbuhan = 0,75 (Metcalf & Eddy, 2001).
- d : kedalaman reaktor (m)
- Q : debit air limbah (m³/detik)

Dari persamaan (1) maka dapat dihitung waktu tinggal adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{L W n d}{Q}$$

$$t = \frac{0,5 m \times 0,30m \times 0,75 \times 0,50m}{2,60.10^{-7} m^3/detik}$$

$$t = \frac{0,056m^3}{2,60.10^{-7} m^3/detik}$$

$$= 216.346 \text{ detik}$$

$$= 216.346 \text{ detik} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$$

$$= 60 \text{ jam} = 2 \frac{1}{2} \text{ hari}$$

Jadi waktu tinggal adalah selama 2 1/2 hari.



Lampiran II

Dokumentasi



(Rumah Produksi Industri Sablon)

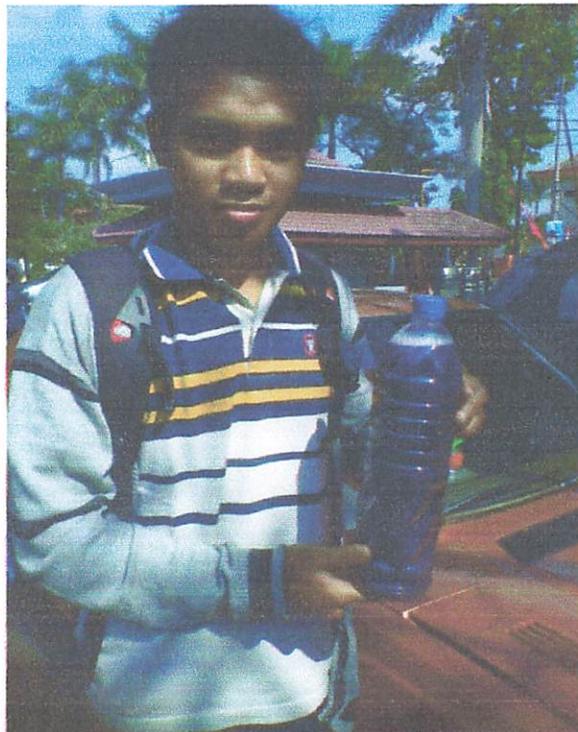


(Lokasi Proses Produksi)





(Sistem Mulai Dijalankan)



(Sampel Untuk Dianalisa)



(Persiapan Alat Dan Bahan 2)



(sistem Sudah Siap Dijalankan)



(Badan Air Tempat Pembuangan Limbah Sebelum Pengolahan)



(Persiapan Alat Dan Bahan)



(Proses Produksi)



(Tempat Pencucian Screen)





(Proses Produksi)



(Cat Yang Digunakan)

