SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI TSS DAN BOD DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(Studi Kasus: Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani, Kota Malang)

Disusun Oleh

RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

08.26.014

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (*PISTIA STRATIOTES L*) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI TSS DAN BOD DENGAN METODE FITOREMIDIASI

(Studi Kasus: Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi Interdocesan Giovani Kota Malang)

Oleh:

RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

08.26.014

Menyetujui

Dosen Pembinbing I	Dosen Pembimbing II
Candra Dwi Ratna, ST. MT	**Anis Artiyani, ST. MT**
NIP. Y. 1030000349	**NIP. P. 1030300384**

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

Candra Dwi Ratna, ST. MT

NIP. Y. 1030000349

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 : RENATO VINO FILOMENO PASCAF DOS REIS

NIM : 08 26 014

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL : PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK STUDI KASUS LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI PRAJA INTERDIOCESAN GEOVANI MALANG

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : SELASA

Tanggal : 25 JULI 2013

Dengan Nilai : **B** (69,18)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS,

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

PENGUJI II

Sudiro, ST. MT
NIP. P. 1039900327

Reis, Renato F. **Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dalam Menurunkan BOD dan TSS Dengan Metode Fitoremediasi (Studi Kasus : *Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi Interdiacesan Giovani, Malang*).** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin hari semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan air limbah domestik di lingkungan pemukiman pun meningkat sehingga berpotensi menjadi ancaman yang cukup serius terhadap pencemaran lingkungan perairan. Salah satu teknologi tepat guna yang mampu mengolah limbah cair domestik adalah sistem Fitoremediasi.

Penelitian ini menggunakan tanaman air yaitu Kayu Apu (*Pistia stratites L.*), dengan variasi kerapatan tanaman dan waktu pengambilan sampel, dengan kerapatan 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2, dan 40 mg/cm^2 dan variasi pengambilan sampel 2 hari sekali selama 6 hari yaitu 2, 4, 6 hari. Parameter uji yang diambil yaitu BOD dan TSS mengingat air limbah domestik kandungan terbesar adalah bahan organik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS tertinggi sebesar 94,46 % terjadi pada kerapatan 40 mg/cm^2 dan persentase penurunan konsentrasi BOD tertinggi sebesar 88,6 % terjadi pada kerapatan 40 mg/cm^2 dengan waktu pengambilan sampel yang sama yaitu pada hari ke enam.

Kata Kunci : BOD, Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)*, Kontinyu, Limbah Cair Domestik, TSS.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **"Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Dalam Menurunkan Konsentrasi TSS dan BOD Dengan Metode Fitoremediasi"** (Study Kasus: Limbah cair domestik seminari tinggi Interdiocesan Giovani Kota Malang).

Skripsi disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan yang diperoleh dari hasil penelitian. Dalam kesempatan ini saya berterima kasih kepada:

1. Ibu candra Dwi Ratna, ST. MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memotivasi dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Anis Artiyani, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar membantu dan memotivasi dalam penyususnan skripsi ini.
3. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MT selaku Dosen Pembahas I sekaligus Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah banyak membantu demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini..
4. Bapak Sudiro, ST. MT selaku Dosen Pembahas II yang telah banyak membantu demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
5. Dosen-dosen Teknik Lingkungan ITN Malang atas bimbingannya selama ini.
6. Rekan-rekan teknik lingkungan yang selalu memberi dukungan dan semangat tanpa kenal lelah.

Kesadaran bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna membuat penyusun berharap akan masukan dan saran bersifat mambangun demin kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan i
Abstraksi ii
Daftar Isi iii
Daftar Gambar iv
Daftar Tabel v
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Ruang Lingkup 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Air Limbah 4
2.2 Sumber Air Limbah 5
2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah tangga 5
2.2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik 5
2.2.3 Kandungan Limbah Rumah Tangga 6
2.3. Fitoremediasi 7
2.3.1 Temperatur 7
2.4.1. Tumbuhan air 7
2.4. Mekanisme Penyerapan Unsur Oleh Tumbuhan Air 9
2.4.1. Unsur Hara Yang Dibutuhkan 10
2.4.2. Fotosintesis 12
2.5. Mekanisme Penurunan Kandungan Bahan Organik Dengan Tumbuhan Air .. 13
2.5.1 Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)* 14
2.5.2 Perkembangbiakan Kayu Apu 15
2.5.3. Pemanfaatan Kayu Apu 16
2.6. Parameter Limbah Domestik 16

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN
MALANG

2.6.1.Biological Oksigen Demand (BOD) 16
2.6.2. Total Suspended Solid (TSS) 16
2.6.3. Minyak dan Lemak 17
2.7. Aklimatisasi 17
2.8. Metode Pengolahan Data. 18
2.8.1. Statistik Deskriptif dan Inferensi 18
2.8.2. Analisis Kolerasi 19
2.8.3. Analisis Regresi 20
2.9.2. Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial 21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian 23
3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian 23
3.2.1 Peralatan Penelitian 23
3.2.2 Bahan Penelitian 24
3.3. Variabel Penelitian 24
3.2.1 Variabel Respon 24
3.2.2 Variabel Prediktor 24
3.4. Tahapan Penelitian 25
3.4.1 Penelitian Pendahuluan 25
3.4.2. Aklimatisasi 25
3.4.3. Pelaksanaan Penelitian 26
3.5. Analisis Parameter Uji 27
3.6.1. Analisis TSS 27
3.6.2. Analisis BOD 27
3.6. Analisis Data 27
3.7. Kerangka Penelitian 28

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Domestik 30
4.2. Karakteristik Akhir Air Limbah Domestik Setelah Proses Fitoremediasi ... 31
4.3. Analisis deskriptif 32
4.3.1 TSS 32
4.3.2 BOD 34
4.4. Analisa Korelasi 37
4.4.1 Analisa Korelasi % Penurunan TSS 37
4.4.2. Analisa Korelasi % Penurunan BOD 39
4.5. Analisis Regresi 41
3.5.1. Analisa Regresi % penurunan TSS 41
3.5.2. Analisa Regresi % Penurunan BOD 43
4.6. Analisis ANOVA 46
4.6.1. Analisis ANOVA % Penurunan TSS 46
4.6.2. Analisis ANOVA % Penurunan BOD 47
4.7. Pembahasan 49
4.7.1. Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Persentase Penyisihan TSS dan BOD 49
4.7.2. Pengaruh Variasi Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Persentase Penyisihan TSS dan BOD 51
4.7.3. Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremediasi Berdasarkan Standart Baku Mutu 53
4.7.3.1 TSS 53
4.7.3.2 BOD 53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan 54
4.2. Saran 54

DAFTAR PUSTAKA vi

BAB I
PENDAHULUAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

1.1. LatarBelakang

Kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin hari semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan air limbah domestik di lingkungan pemukiman pun meningkat sehingga berpotensi menjadi ancaman yang cukup serius terhadap pencemaran lingkungan perairan. Di dalam air limbah terkandung bahan-bahan pencemar yang bila langsung dibuang ke badan air berakibat terkontaminasinya air. Sebagaimana diketahui, kontaminasi air akibat aktivitas domestic masih relative tinggi, sekitar 70-80% (Supradata.2005). Efek yang dapat ditimbulkan akibat membuang limbah domestik secara langsung kesaluran drainase dan badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu diantaranya :gangguan terhadap kesehatan, ganguan terhadap biota perairan dangan gangguan estetika.

Mengingat air limbah domestik kandungan terbesar adalah bahan organik, maka parameter kunci yang umum digunakan adalah BOD, TSS dan Lemak/Minyak. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis parameter BOD dan TSS. Konsentrasi awal TSS pada limbah domestik sebesar 1233,3 mg/l di mana melebihi baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 sebesar 100 mg/l. Sedangkan konsentrasi awal BOD sebesar 800 mg/l yang juga melebihi baku mutu yaitu 100 mg/l.

Data tersebut menunjukkan bahwa kandungan BOD dan TSS masih di atas baku mutu, oleh kerena itu perlu adanya bentuk pengolahan limbah cair domestik sebelum dibuang ke badan air. Salah satu teknologi tepat guna yang mampu mengolah limbah cair domestik adalah system Fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi bioremediasi yang menggunakan tanaman untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ menggunakan kolam buatan maupun metode in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah. Tenaman 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. Teknologi ini murah dan mudah dilakukan, di samping itu tanaman yang digunakan dapat dimanfaatkan kembali misalnya sebagai kompos (Mangkoedihardjo&samudro, 2001).

Pada penelitian ini akan digunakan jenis tanaman Kapu Apu (*Pistia Stratiotes ,l)*. Kayu Apu adalah jenis gulma air yang dapat ditemukan di perairan air tawar. Kaya Apu memiliki sifat pertumbuhan yang mudah dan cepat serta memiliki kemampuan menyaring air dari bahan pencemar. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 77,54% dan Krom sebesar 70,40% pada limbah penyamakan kulit (Lalu, 2005). Karena kemanpuannya menurunkan konsentrasi BOD, diharapkan konsentrasi TSS akan turun juga. Hal ini disebabkan karena TSS mengandung bahan organik. Secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sehingga dibutuhkan oksigen, kebutuhan oksigen tersebut terukur sebagai BOD (Jenie dan Rahayu, 1990). Kayu Apu mampu menyerap bahan organic dan anorganik kedalam struktur tubuhnya, dan memiliki kemampuan untuk menyerap bahan-bahan tersebut, sehingga dapat mengurangi pencemaran air (Kurniadie, 2011). Kemampuan yang dimiliki oleh Kayu Apu khususnya akar yang mampu menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi bahan pencemar diharapkan dapat digunakan untuk meremoval bahan pencemar yang terdapat dalam limbah cair domestik.

Dengan demikian, pada penelitian ini menggunakan Kayu Apu untuk mendapatkan cara yang mudah dan ekonomis yang bersifat ramah lingkungan untuk menurunkan konsentrasi BOD dan TSS yang terkandung di dalam air limbah domestik.

1.2. Rumusan Masalah

Adanya kemampuan yang dimiliki oleh Kayu Apu yang mampu menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi bahan pencemar maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kemampuan Kayu Apu dalam Menurunkan konsentrasi BOD dan TSS limbah cair domestik?
2. Berapakah kerapatan optimum tanaman Kayu Apu dalam menurunkan konsentrasi BOD dan TSS?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan Kayu Apu dalam menurunkan konsentrasi BOD dan TSS limbah cair domestik.
2. Mengetahui kerapatan optimum tanaman Kayu Apu dalam menurunkan konsentrasi BOD dan TSS limbah cair domestik.

1.4. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Parameter yang di uji adalah BOD dan TSS.
3. Sampel yang digunakan adalah limbah cair domestik di Seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani, Malang.
4. Dilakukan variasi terhadap kerapatan tanaman.
5. Waktu penelitian dilakukan selama 6 hari waktu pengambilan sampel 2 hari sekali.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah

Setiap masyarakat tentunya akan mengasilkan suatu buangan, baik yang berbentuk cair, padat maupun gas. Buangan cair yang berasal dari masyarakat perkotaan ataupun pedesaan, umumnya berupa air bekas penggunaan dari berbagai aktivitas sehari-hari. Secara Terminologi, air bekas tersebut disebut sebagai air limbah atau air buangan. Limbah dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya karena alasan warna, kandungan bahan kimia organik dan anorganik, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat lainnya.

Kualitas air limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari kandungan pencemar dalam limbah. Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Menurut Metcalf dan Eddy (2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama - sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Sesuai dengan penggunaannya, setiap air bekas pemakaian telah terkontaminasi oleh bahan-bahan yang dipakainya, yang mungkin bersifat fisik (misal: air menjadi keruh, berwarna), bersifat kimiawi (air mengandung bahan - bahan kimia yang mengganggu kesehatan/lingkungan), bersifat organo-biologis (air mengandung zat organik, mikroba/bakteri patogen, dan sebagainya). Untuk cemaran air limbah domestik yang dominan umumnya bersifat organomikrobiologis. Sedangkan untuk limbah non-domestik yang dominan fisik kimiawi, terutama logam berat.

2.2. Sumber Air Limbah

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

2.2.1. Sumber Air Limbah Rumah Tangga (*Domestic Wastewater*)

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, nonorganik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah domestik (rumah tangga) dari masyarakat adalah berasal dari perdagangan dan daerah pemukiman. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga, serta tempat rekreasi (Sugiharto, 1987).

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting :

1. Tinja (*feces*), berpotensi mengandung mikroba patogen
2. Air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen dan Posfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme
3. *Grey water*, merupakan air bersih cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi (Asmadi dan Suharno, 2012).

2.2.2 Karateristik Air Buangan Domestik

Air limbah domestik dan perkotaan adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan yang meliputi limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah perkantoran dan limbah dari daerah komersial serta limbah industri (Asmadi dan Suharno, 2012).

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9 % cairan dan 0,1 % padatan. Zat-zat yang terdapat didalam air buangan diantaranya adalah unsur - unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur - unsur anorganik serta

mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis (Sugiharto, 1987).

a) Karateristik Kimiawi

   Karateristik kimiawi yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi : senyawa organik, senyawa anorganik dan gas.

b) Karateristik Biologis

   Karateristik biologis yang menjadi parameter didalamnya adalah kandungan mikroba, tumbuhan dan hewan.

c) Karateristik Fisik

   Karateristik fisik yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau dan kekeruhan. Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan - bahan organik. Penguraian bahan-bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda - benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan - bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar. Komponen penyusun bahan - bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk.

2.2.3 Kandungan Limbah Rumah Tangga

Limbah Rumah tangga adalah Air yang membawa sampah (limbah) dari rumah, bisnis & industri (Kamus Besar Bahasa Indonesia) Limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan kegiatan sanitasi manusia yang rutin (Kamus Besar Bahasa Indonesia)

Limbah cair domestik (rumah tangga) Air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Sugiharto 1987).

2.3. Fitoremidiasi

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 *greekphyton* 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 (Sarwoko & Ganjar, 2010).

2.3.1. 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 20^0C-30^0C.

2.3.2. Tumbuhan Air

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: menyumbang produktivitas dan menyediakan media substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu siklus nutrien akumulasi di dalam sedimen. Kaitannya dengan fungsi *fitoremediasi* sebagai sistem pengolahan limbah cair, tumbuhan air berperan penting dalam menyediakan tempat untuk menempelnya mikroba pengurai. Berdasarkan habitat dan karakteristiknya, tanaman air dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu :

1. Tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan *(Submerged Aquatic Plant)*

Tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan merupakan tumbuhan yang hidupnya keseluruhan di dalam air atau tenggelam seluruh bagian. Akar dari tumbuhan ini dapat menyentuh dasar perairan, namun sebagian besar diantaranya melayang dan posisinya dalam air sangat menunjang fungsinya sebagai saringan dari berbagai jenis bahan terlarut yang terdapat di perairan. Contoh dari tumbuhan jenis ini adalah hidrilla *(Hidrilla verticilata)*, *charra, Egeria densa, Myriophyllum aquaticum,* dan *Elodea nutalli* (Anonim, 2003).

2. Tumbuhan air yang hidup di permukaan *(Floating Aquatic Plant)*

Ada dua jenis *floating type*, yaitu :

a. *Floating attached*

Jenis ini mempunyai daun yang mengapung diatas permukaan air tetapi akarnya tertanam pada bagian dasar. Yang termasuk dalam golongan ini adalah *Water lily (Nymphaea nauchali).*

b. *Floanting unattached*

Akar dari jenis ini menggantung di air dan tidak menempel pada dasar perairan dan juga tidak membutuhkan media di dalam penanamannya sehingga cara penanaman tumbuhan ini lebih mudah hanya meletakkan di atas permukaan air saja. Yang termasuk dalam golongan ini adalah Eceng Gondok *(Eichhornia crassipes)*, Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)*, Kangkung Air *(Ipomea aquatica),* Duckweeed *(Lemna minor).*

3. Tumbuhan air yang hidup di tepi perairan *(Marginal Emergent Aquatic Plant)*
   Tumbuhan ini dapat tumbuh subur pada tanah basah, tanah selalu tertutup dengan jumlah air yang kecil atau tanah yang mengering dan menjadi jenuh (Anonim, 2003). Jenis tumbuhan air ini memiliki akar dan batang yang terendam dalam air. Namun, sebagian besar batangnya justru menyembul ke permukaan air, yang termasuk tumbuhan jenis ini adalah *Cattail (Typha angustifolia),* Rumput payung *(Cyperus alternifolius)* dan *Bulrush (Pontedoriacordenata).*
4. Tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan *(Deep Aquatic Plant)*
   Tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan mempunyai akar yang tertanam kuat pada bagian dasar tersebut, sedangkan batangnya berdiri tegak menopang daun dan bunga yang muncul pada permukaan air. Yang mana tinggi dan posisi batang biasanya tergantung pada kedalaman perairan tempat hidupnya. Sehingga akan dijumpai tinggi batang serta posisi tanaman yang berbeda-beda. Yang termasuk dalam golongan ini antara lain adalah *Nuphar* dan *Nymphania.*

2.4. Mekanisme Penyerapan Unsur Hara Oleh Tumbuhan Air

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. Unusr-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 (Lakitan, 2007). Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman inidapat berlangsung bila unsur hara tersebut telah berkontak dengan permukaan akar.

Penyerapan unsur hara oleh akar melibatkan beberapa proses antara lain :

1. Pergerakan ion dari media hidup tumbuhan menuju ke permukaan akar secara garis besar proses yang terjadi pada pergerakan oin dari media ke permukaan akar memiliki kriteria tertentu diantaranya adalah terdapatnya gradien konsentrasi antara larutan media dan larutan ruang bebas di antara akar pada kondisi pertumbuhan normal.
2. Penimbunan ion dalam sel akar

   Penimbunan ion dalam sel akar dianggap sebagai tahap pertama dalam proses penyerapan unsur hara melalui akar. Ion-ion menempel di permukaan akar dan menembus dinding sel dan selanjutnya akan sampai pada membran sel. Dari lapisan membran sel inilah mekanisme penyerapan ini dimulai.
3. Pergerakan oin secara radial dari permukaan akar ke dalam pembuluh kayu. Pergerakan ion ini dilakukan memalui 3 jalan, yaitu :
   a. Pergerakan antara vakuola sel, dimana vakoula sel berfungsi sebagai tempat penampung anion bukan jalan utama.
   b. Pergerakan melalui simplas, dimana ion dikumpulkan dalam sitoplasma dan bergerak dari sel yang satu ke sel yang lainnya melalui plasmadesmata (penghubung diantara sel-sel hidup).
   c. Pergerakan melalui ruang bebas dari dinding sel atau kombinasi ketiganya. Pergerakan ini dilakukan melalui difusi aliran massa diantara sel.
4. Pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun, dimana pergerakan ion secara pasif melalui membran ini memerlukan adanya daya gerak hingga kesetimbangan pada dua sisi membran (Lakitan, 2007).

2.4.1. Unsur Hara Yang Dibutuhkan

Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara dalam pertumbuhannya. Apabila salah satu dari unsur hara tersebut tidak dipenuhi, maka hal ini akan memperngaruhi metabolisme tanaman.

Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman air dibedakan menjadi :

1. Unsur makro

   Unsur Hara 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 CO_2 yang besar dari atmosfer. Air dan unsur lainnya diambil dari dalam tanah.

2. Unsur mikro

   Unsur Hara yang termasuk dalam unsur mikro adalah Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Co dan Cl. Unsur mikro merupakan unsur-unsur yanag 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 memepertahankan suhu tanaman sehingga sesuai dengan suhu lingkungannya (Lakitan, 2007)

Kebutuhan air pada tumbuhan diperolehnya dari penyerapan air oleh akar. Penyerapan air oleh akar tumbuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan morfologi akar. Faktor-faktor penting yang mempengaruhi penyerapan air oleh akar adalah :

a. Ketersediaan air tanah
b. Temperatur tanah
c. Sirkulasi udara tanah
d. Konsentrasi larutan dalam tanah
e. Sistem perakaran

2.4.2. 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) ditangap 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, araom-atom C, H dan O dari zat-zat tersebut diubah menjadi senyawa hidrat arang (gula atau pati). Sebagai hasil tambahan dariprose fotosintesis, tanaman mengeluarkan kelebihan oksigen ke udara dan perairan sehinggga dapat dimanfaatklan oleh organisme air. Besarnya energi yang diberikanb oleh cahaya tergantung dari intesitas 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^oC (Kusumah, 1995 dalam Subrata, 2007).

Laju fotosintesis akan tinggi bila intensitas cahaya tinggi dan akan menurun bila intensitas cahaya berkurang. Oleh karena itu cahaya berperang sebagai faktor pembatas utama dalam fotosintesis atau produktifitas primer (Sudjadi, 2006). Unsur radiasi matahari yang penting bagi tanamam ialah intensitas cahaya, kualitas cahaya, dan lamanya penyinaran. Bila intensitas cahaya yang diterima rendah, maka jumlah cahaya yang diterima oleh setiap luasan permukaan tanaman dalam jangka waktu tertentu rendah (Gardner et al., 1991 ; Djukri dan Purwoko, 2003). Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metebolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat (Chowdury et al., 1994 ; Djukri dan Purwoko, 2003).

Secara garis besar yang dimaksud dengan fotosintesis adalah proses yang dilakukan oleh tumbuhan hijau untuk membuat makanan (glukosa) dari air dan karbon dioksida dengan bantuan cahaya dan klorifil. Ada beberapa yang mempengaruhi proses fotosintesis antara lain :

a. Unsur Hara

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

b.Suhu

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

c.Umur Daun

Sejalan dengan pertumbuhan daun, kemampuannya untuk melakukan fotosintesa akan meningkat sampai daun tersebut berkembang penuh, kemudian mulai turun secara perlahan. Daun tua yang hampir mati, tidak mampu berfotosintesa karena rusaknya klorofil dan hilangnya fungsi dari kloroplas (Lakitan, 2007).

2.5. Mekanisme Penurunan Kandungan Bahan Organik Dengan Tumbuhan Air.

Aktivitas mikroorganisme memegang peranan penting dalam proses penguraian senyawa-senyawa organik. Bahan organik yang tersisa pada larutan dihilangkan oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme yang tersuspensi dalam air, melekat pada sedimen atau melekat pada akar dan batang tumbuhan air.

Mikroorganisme banyak terdapat pada akar dan batang yang berpengaruh terhadap penurunan bahan organik. Kegiatan mikroorganisme dalam reaktor tumbuhan air dapat disamakan dengan yang ada dalam trikcling filter dan sistem activated sludge, tetapi jenis mikroorganisme dalam reaktor tumbuhan air lebih banyak (Polpraset, 1989 dalam Sari, 1999).

Tumbuhan air, misalnya Kayu Apu, memiliki akar-akar mengapung yang pendek dengan banyak akar tambahan yang penuh dengan bulu-bulu akar yang lembut dan lebat.Permukaan akarnya digunakan oleh mikroorganisme sebagai tempat pertumbuhan sehingga kepadatan mikroorganisme dalam sistem meningkat.Terutama nitrifikasi yang peka menemukan tempat pertumbuhan yang sesuai pada akar tumbuhan air. Nitrifikasi yang dihasilkannya serta denitrifikasi yang berlangsung dalam sedimen merupakan proses yang memisahkan kandungan nitrogen dalan air limbah (Stowell, 1981 dalam Sari, 1999).

2.5.1. Kayu Apu *(Pistia Stratiotes, L.)*

Taksonomi tumbuhan Kayu Apu diklasifikasikan sebagai berikut :

Klas : *Monocotyledone*

Famili : *Araceae*

Genus : *Pistia*

Species : *Pistia Stratiotes*

(Sumber : Rivers III, 2005).

Indonesia mengenal *Pistia Stratiotes*, sebagai "Kayu Apu" di Jawa khususnya dan "Kapu-Kapu atau Apu-apu" (Indonesia). Kayu Apu ini merupakan tanaman yang terapung diatas permukaan air (*Floating Type*) dan akarnya mengantung dalam air, berbatabg pendek atau bahkan tidak Nampak sama sekali, tebel, tegak lurus dan dan dengan tunas yang menjalar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1. Persebaran tanaman ini sangat cepat, terutama di daerah tropic di seluruh dunia. Selain itu, Kayu Apu sangat cocok di kolam yang teduh juga senang tumbuh digenangan air yang tenang atau mengalir dengan lambat, sehingga banyak kita jumpai di perairan, seperti danau, sungai, rawa dan sawah.Temperatur pertumbuhan optimal pada tumbuhan ini adalah 22 - 32°C (72 – 86 °F). Tumbuhan

air ini menyukai hidup pada daerah yang sedikit asam dan sedikit basah, yaitu pada pH 6,5 – 8. (Sumber: Rivers III, 2005).

Bentuk dan ukuran daun Kayu Apu dapat berubah-ubah, biasa menyerupai sendok, lidah atau ramping dengan ujung yang melebar. Warna daunnya hijau muda dan makin pangkal makin putih. Susunan daunnya terpusat atau berjejal rapat dan berbentuk seperti bunga mawar dan rhizoma atau akarnya mengapung pendek dengan banyak akar tambahan yang penuh dan bulu-bulu akar yang lembut. Lebih jelasnya tanaman Kayu Apu dapat dilihat pada gambar 2.1.

Gambar 2.1. Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)
(Sumber: Rivers III, 2005).

2.5.2 Perkembangbiakan Kayu Apu

Kayu Apu berkembang biak dengan baik secara vegetatif yang dilakukan oleh stolonnya yang dengan cepat sekali akan menutupi permukaan air. Namun pada saat itu, bagian terbesar dari stolonnya akan mati. Kemudian hal ini akan digantikan oleh tanaman yang masih mudah yang tersisa, dimana mereka akan berkembang biak dengan cepat, sehingga keadaan semula akan pulih kembali. Setiap roset yang baru tersebut dihubungkan oleh batang kecil yang menjalar atau stolon yang mudah dipotong.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN
MALANG

2.5.3. Pemanfaatan Kayu Apu

Kayu Apu dapat dimanfaatkan sebagai pupuk karena mempunyai kadar kalium yang tinggi. Selain itu juga dapat digunakan sebagai makanan hewan seperti itik, babi dan ikan. Tumbuhan air ini juga bermanfaat untuk menjernihkan air sungai yang keruh dan dapat berfungsi untuk menurunkan kandungan pencemar seperti COD, N - Total dan P – Total dalam air limbah sampai dengan 90% (Sari, 1999).

2.6. Parameter Limbah Domestik

Parameter yang ada pada limbah domestik menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 adalah sebagai berikut:

2.6.1. Biological Oksigen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand atau yang biasa dikenal dengan istilah BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Hariyadi, 2004).

Uji BOD adalah salah satu metode analisis yang paling banyak digunakan dalam penanganan dan pengendalian polusi. Uji ini memcoba menentukan kekuatan polusi dari suatu limbah dalam pengertian kebutuhan mikroba akan oksigen dan merupakan ukuran tak langsung dari bahan organik dalam limbah (Jenie dan Rahayu, 1990).

2.6.2. Total Suspended Solid (TSS)

Pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang

NIT
DELHI

dapat bersifat organis dan inorganik (Sugiharto, 1987).

Padatan tersuspensi total, pengukuran ini, yang kadang-kadang disebut residu yang tidak dapat disaring, ditetapkan dengan cara menyaring sejumlah volume air limbah melalui filter membran (atau tikar glass fiber) dalam cawan Gouch. Berat kering dari padatan tersuspensi total diperoleh setelah satu jam pada suhu 103° – 105°C (Jenie dan Rahayu, 1990).

2.6.3. Minyak dan Lemak

Minyak dan Lemak adalah bahan-bahan yang tidak terlarut dalam air yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Minyak dan Lemak yang digunakan dalam makanan sebagian besar adalah Trigliserida yang merupakan ester dar gliserol dan berbagai asam lemak.

Minyak dan lemak sangat berbahaya biota dan tidak di inginkan karena sifat-sifatnya yang tidak estetik. Ikatan antara udara dan air dikurangi oleh lapisan tipis yang dibentuk oleh minyak dan lemak, yang berbahaya untuk ikan dan makhluk air lainnya. Senyawa-senyawa ini akan meningkatkan kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna. Metode analisis air limbah untuk senyawa-senyawa ini relatif cepat dan sederhana (Jenie dan Rahayu, 1990).

2.7. Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi umumnya hanya memakan waktu yang pendek dan tidak melebihi umur suatu organisme (Wood, 1993 dalam Budiman, 2010).

Sebelum diaplikasikan untuk mengolah air limbah terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi terhadap organisme dengan lingkungan barunya. Tujuannya adalah agar organisme dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan yang nanti akan menjadi media tempat tumbuhnya (Galla, 2008).

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi umumnya hanya memakan waktu yang pendek dan tidak melebihi umur suatu organisme. Aklimatisasi adalah suatu proses yang terjadi secara alami, sedangkan "aklimasi" dipergunakan untuk aklimatisasi yang dilakukan secara paksa dalam waktu yang jauh lebih singkat (Wood, 1993 dalam Budiman, 2010). Lamanya aklimatisasi minimal dua minggu untuk memastikan ikan yang akan digunakan dalam penelitian dapat menyesuaikan diri dengan kondisi di lingkungan yang baru (EPA, 1996 dalam Budiman 2010).

2.8. 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).

2.8.1. Statistik 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 penomena 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).

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

2.8.2. 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).

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

2.8.3. 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).

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 membandingan 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 signifikasi koefisien dari variabel prediktor

  Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

  H_0 = koefisien regresi tidak signifikasn

  H_1 = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingan 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

2.8.4. 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).

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 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

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

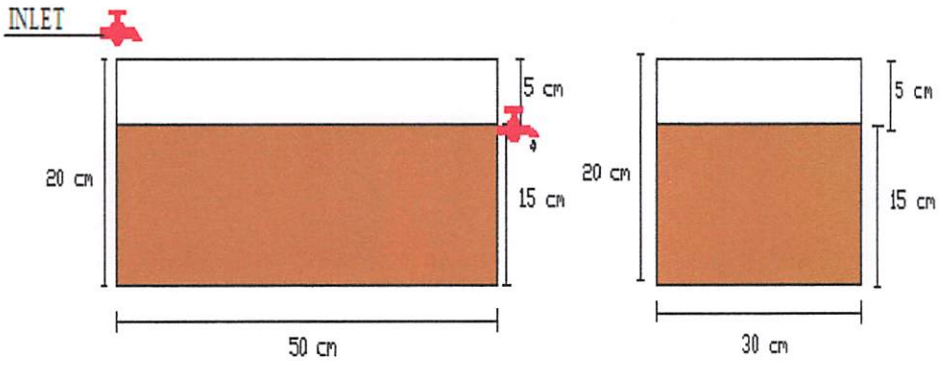
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Bak penampung

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

- Reaktor Kontrol

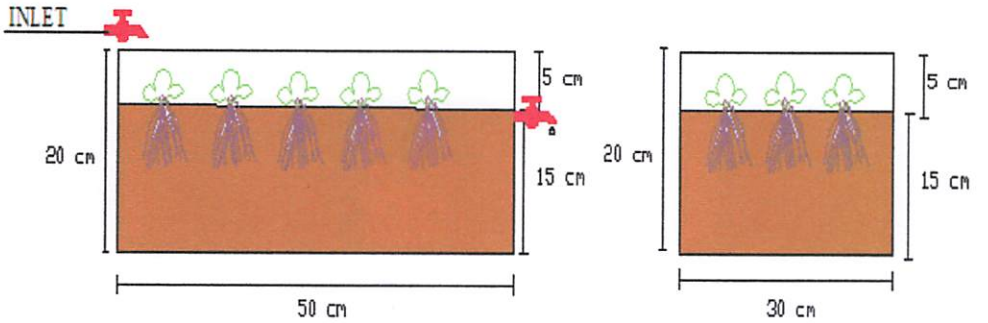
  Dibutuhkan 1 buah reaktor kontrol berisi air limbah sablon tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm dan tinggi 15 cm dengan volume air sebesar 22,5 L (pada perhitungan). Gambar reaktor kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Bak Kontrol Tampak Depan dan Tampak Samping

- Reaktor Uji

- Dibutuhkan 3 buah bak reaktor uji berbentuk persegi panjang dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm dan tinggi 15 cm. Volume air dalam setiap bak reaktor uji sebesar 22,5 L. Masing-masing reaktor ditanami Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* sesuai kerapatan yang telah ditentukan untuk menurunkan kandungan TSS dan BOD. Sketsa Reaktor Uji dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.2 Rektor Uji Tampak Depan dan Tampak Samping

3.2.2 Bahan Penelitian

- Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi
- Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)*

3.3 Variabel Penelitian.

MILIK PERPUSTAKAAN IAIN SEMARANG

3.3.1 Variabel respon

- TSS
- BOD

TSS dan BOD merupakan parameter wajib dalam kriteria mutu air, terdapat dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2003 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik

3.3.2 Variabel prediktor

- Variasi kerapatan tanaman 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2, dan 40 mg/cm^2.

Variasi kerapatan tanaman disesuaikan dengan ukuran reaktor dan juga ukuran tanaman uji setelah melakukan uji pendahuluan. (Perhitungan pada lampiran 3).

- Variasi waktu pengambilan sampel.
  a. Pengambilan pertama
     Pengambilan sampel saat effluen keluar pertama dengan yaitu waktu sebesar 2,08 hari (Hasil perhitungan di Lampiran).
  b. Pengambilan kedua
     Pengambilan sampel setelah 2 hari dari pengambilan pertama
  c. Pengambilan ketiga
     Pengambilan sampel setelah 4 hari dari pengambilan pertama
  d. Pengambilan keempat
     Pengambilan sampel setelah 6 hari dari pengambilan pertama

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Penelitian Pendahuluan.

Penelitian awal dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal air sampel yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah TSS dan BOD.

3.4.2 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi tanaman uji dilakukan sebelum tanaman tersebut diaplikasikan untuk mereduksi kandungan senyawa organik. Proses aklimatisasi ini bertujuan agar tanaman uji mampu menyesuaikan diri dengan Air limbah yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Proses aklimatisasi dan pemilahan tanaman dilakukan secara bertahap agar mendapatkan tanaman uji yang sehat dan segar, sehingga siap untuk diaplikasikan. (Mantell, S.H. dan Smith, H., 2004 dalam Tyagita, 2011)

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

3.4.3 Pelaksanaan Penelitian

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

a) Pada bak penampung dimasukkan air limbah, volume disesuaikan kebutuhan masing-masing reaktor, debit dan waktu yang ditentukan (perhitungan pada lampiran 2).

b) Air limbah di alirkan dari bak penampung ke dalam 3 bak dalam reaktor kontinyu, sampai masing-masing bak terisi air sebanyak 30 liter.

c) Tiap bak dalam reaktor ditambahkan tanaman uji sesuai dengan kerapatan yang sudah ditentukan. Penyebaran tanaman ini disesuaikan dengan ukuran reaktor dan kerapatan tanaman uji, dengan catatan bahwa luas permukaan dari media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* supaya tidak saling tumpang tindih.

   Bak 1 : Air limbah Domestik 30 liter + tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* 20 mg/cm^2

   Bak 2 : Air limbah Domestik 30 liter + tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* 30 mg/cm^2

   Bak 3 : Air limbah Domestik 30 liter + tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* 40 mg/cm^2. (perhitungan pada lampiran 3)

d) Air limbah Domestik dari bak penampung dialirkan kedalam kolom bak secara gravitasi dengan kecepatan konstan.

e) Air limbah Domestik dibiarkan mengalir terus–menerus dengan arah aliran dari atas ke bawah.

f) Dilakukan sampling dan pengujian paremeter TSS dan BOD 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.

g) Analisa sampel dilakukan 2 hari sekali selama 6 hari. Parameter yang dianalisa adalah TSS dan BOD (Renianti,2008).

BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE

3.5 Analisis Parameter Uji

3.5.1 Analisis TSS

Metode yang digunakan dalam menganalisis TSS adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetri adalah bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu ± 105^0C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi (TSS) (Alaerts dan Santika, 1987).

3.5.2 Analisis BOD

Metode yang digunakan dalam analisis BOD adalah metode titrasi winkler. Pengukuran BOD dilakukan dengan menempatkan sampel pada botol winkler 300 ml kemudian diinkubasi pada temperatur 25°C selama lima hari. Setelah itu perbedaan konsentrasi DO (oksigen terlarut) pada akhir dan semula dihitung (Alaerts dan Santika, 1987).

3.6 Analisa Data

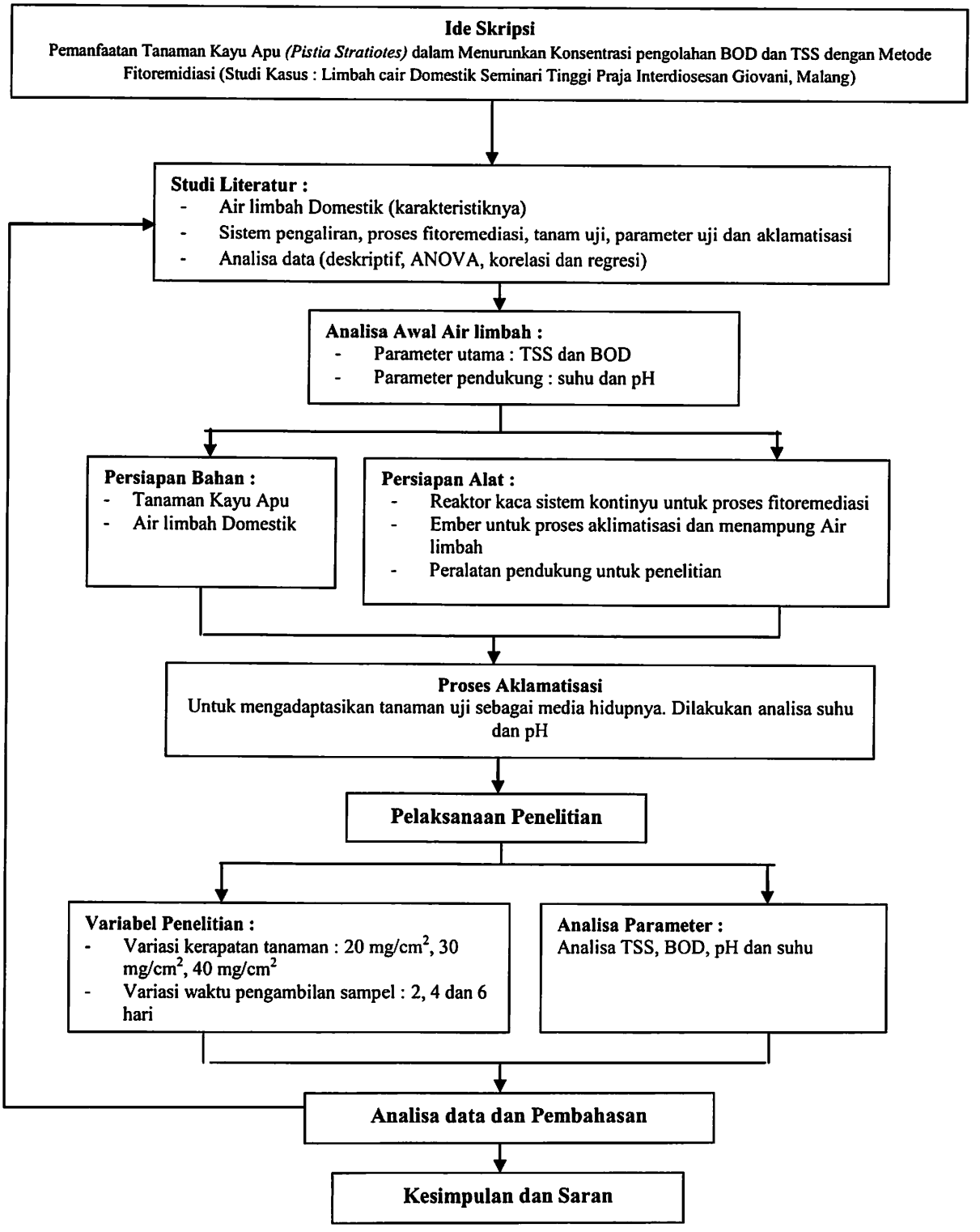
Hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

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 kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi TSS dan BOD pada aliran kontinyu.
3. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kerapatan Kayu Apu dan waktu detensi dapat memprediksi penurunan TSS dan BOD pada aliran kontinyu.

4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara variable kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi TSS dan BOD pada aliran kontinyu.

3.7 Kerangka Penelitian

Kerangka acuan penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam malakukan penelitian. Dari latar belakang yang mendasari pemikiran untuk melakukan penelitian tentang pemakaian tanaman Kayu Apu *(Pistia Stratiotes)* sebagai media fitoremediasi dalam menurunkan kadar TSS dan BOD pada Air limbah. Maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah cair Domestik

Penelitian ini dilakukan analisis pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah awal. Karakteristik limbah awal digunakan untuk mengetahui kondisi air limbah sebelum dilakukan proses pengolahan. Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik awal air limbah domestik, seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
Karakteristik Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Hasil	Keputusan MNLH, 2003
1.	pH	-	6,3	6-9
2.	TSS	mg/l	1233,3	100
3.	BOD	mg/l	800	100

(Sumber : Hasil Penelitian,2012)

Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kualitas limbah tersebut tidak memenuhi standar kualitas limbah terutama konsentrasi TSS dan BOD yang nilainya tinggi dan menjadi parameter terpenting pada limbah cair domestik. Konsentrasi TSS pada air limbah domestik tersebut mencapai nilai 1233,3 mg/l, sedangkan BOD mencapai nilai 800 mg/l yang telah melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan MNLH Tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/l untuk TSS dan 100 mg/l untuk BOD.

4.2 Karakteristik Akhir Air Limbah Domestik Setelah Proses Fitoremediasi

Penelitian dilakukan secara *kontinyu* dengan menggunakan reaktor yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan tanaman Kayu Apu yaitu : 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2, dan 40 mg/cm^2 serta variasi waktu pengambilan sampel 2 hari, 4 hari dan 6 hari. Adapun nilai konsentrasi akhir pada reaktor kontrol dan reaktor uji dapat dilihat pada table 4.2

Tabel 4.2
Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Uji

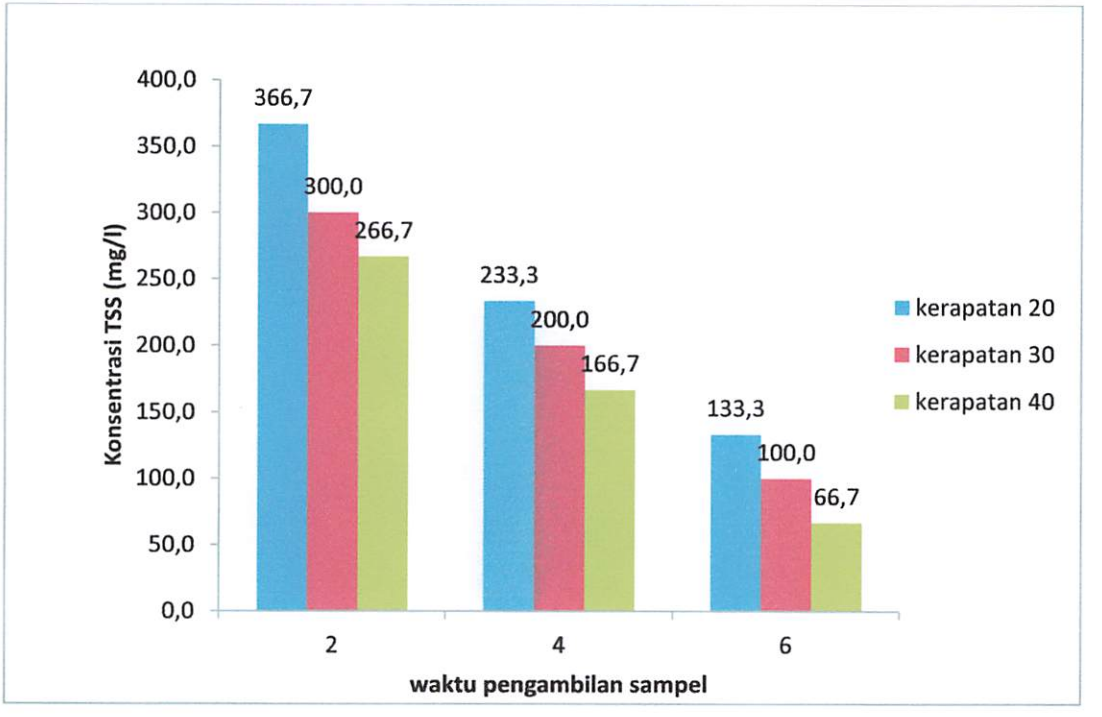
Reaktor /Variasi Kerapatan Tanaman	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Konsentrasi Awal BOD (mg/l)	Waktu Detensi (Hari ke-)	Konsentrasi Akhir TSS rata-rata (mg/l)	Konsentrasi Akhir BOD rata-rata (mg)/l
			Tanpa Tanaman		
Kontrol	1233,3	800	2	900	700
			4	600	600
			6	300	500
			Kayu Apu		
20 (mg/cm2)	1233,3	800	2	366,7	637,7
			4	300,0	525,3
			6	266,7	416,7
30 (mg/cm2)	1233,3	800	2	233,3	414,0
			4	200,0	342,0
			6	166,7	221,0
40 (mg/cm2)	1233,3	800	2	133,3	216,0
			4	100,0	124,0
			6	66,7	91,0

(sumber : Hasil Penelitian,2012)

4.3 Analisis Deskriptif

4.3.1 TSS

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir TSS pada reaktor *kontinyu* dengan kerapatan 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2 dan 40 mg/cm^2 mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Nilai akhir TSS pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir TSS dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari pengukuran ke-2 hingga ke-6. Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir TSS terendah pada kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 66,7 mg/l.

Besarnya penurunan TSS pada tiap-tiap reactor dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal} = \frac{(1233{,}3 - 366{,}7)}{1233{,}3} \times 100\%$$

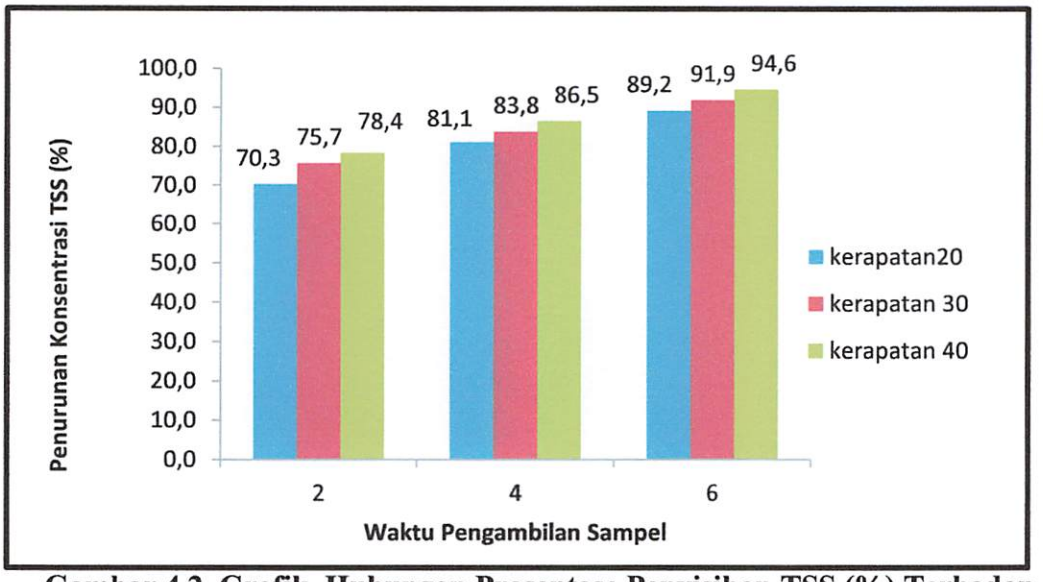
$$\% \text{ Removal} = 70{,}3\ \%$$

Hasil dari perhitungan rumus di atas, maka nilai prosentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3 Prosentase Penyisihan TSS (%)

Variasi Kerapatan (mg/cm2)	Waktu Pengambilan Sampel (hari ke-)	Nilai Akhir Rata-Rata (mg/l)	% R
20	2	366,7	70,3
	4	300,0	75,7
	6	266,7	78,4
30	2	233,3	81,1
	4	200,0	83,8
	6	166,7	86,5
40	2	133,3	89,2
	4	100,0	91,9
	6	66,7	94,6

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi TSS pada Tabel 4.3, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan TSS pada Gambar 4.2 berikut ini:

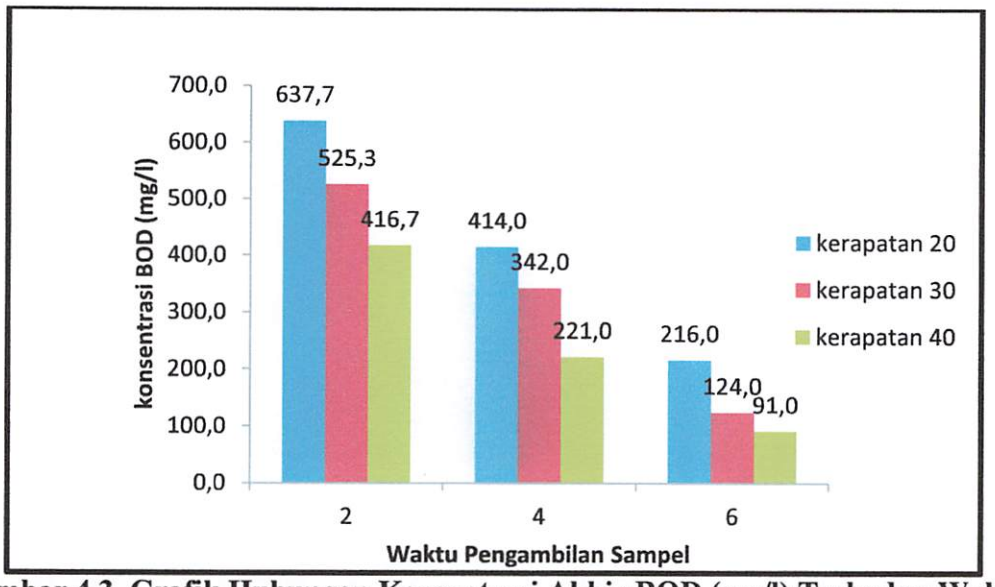


Gambar 4.2. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 persentase penyisihan konsentrasi TSS terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel hari ke-6 dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 sebesar 94,46 %.

4.3.2 BOD

Pada Tabel 4.2 menunjukan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD dengan kerapatan 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2 dan 40 mg/cm2 mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Nilai akhir BOD pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.3 dibawah ini :



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari pengukuran ke-2 hingga ke-6. Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir BOD terendah pada kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 91,0 mg/l.

Besarnya penurunan BOD pada tiap-tiap reaktor dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal} = \frac{(800-637{,}7)}{800} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal} = 20{,}3\ \%$$

Hasil dari perhitungan rumus di atsa, maka nilai prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pade Tabel 4.4 di bawah ini:

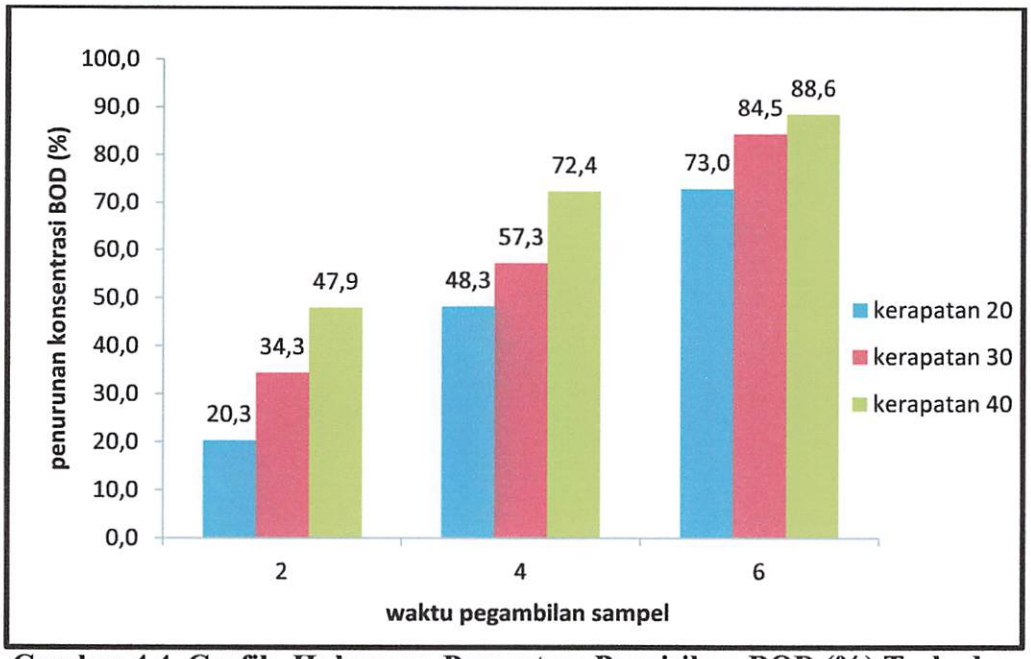
Tabel 4.4 Prosentase Penyisihan BOD (%)

Variasi Kerapatan (mg/cm2)	Waktu Pengambilan Sampel (hari ke-)	Nilai Akhir Rata-rata (mg/l)	% R
20	2	637,7	20,3
	4	525,3	34,3
	6	416,7	47,9
30	2	414,0	48,3
	4	342,0	57,3
	6	221,0	72,4
40	2	216,0	73,0
	4	124,0	84,5
	6	91,0	88,6

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi BOD pada Tabel 4.4, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan BOD pada Gambar 4.4 berikut ini:

SAGE PUBLICATIONS INDIA PVT. LTD. NEW DELHI



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 prosentase penyisihan konsentrasi phospat terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel hari ke-6 dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 sebesar 88,6 %.

4.4 Analisa Korelasi

4.4.1 Analisis Korelasi % Penurunan TSS

Mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variable yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel yakni kerapatan tanaman dan persentase penurunan TSS (%)
- H_1 : Ada korelasi antara dua variabel yakni kerapatan tanaman dan persentase penurunan TSS (%)

Pengambilan Keputusan

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima

➢ Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Apabila nilai korelasi semakin mendekati 1 atau (-1), berarti hubungan antara 2 variabel semakin erat (Iriawan dan Astuti, 2006).

22-Jan-13 10:25:03 PM

Correlations: % penyisihan TSS, waktu pengambilan sampel, kerapatan tanaman

```
                % penyisihan     waktu pengam
waktu pengam         0.344
                     0.364

kerapatan ta         0.935          0.000
                     0.000          1.000


Cell Contents: Pearson correlation
               P-Value
```

(Kotak 4.1 Hubungan Korelasi antara Waktu Pengambilan Sampel, Kerapatan Tanaman, terhadap % Penurunan konsentrasi TSS)

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.5 menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penurunan TSS dengan waktu pengambilan sampel adalah 0.344. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel cukup. Nilai korelasi positif menunjukan bahwa apabila waktu pengambilan sampel yang digunakan semakin banyak maka persentase penurunan TSS akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan Waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya 0.364 > 0,05 maka korelasinya tidak signifikan.
- Korelasi antara persen penurunan TSS dengan kerapatan tanaman adalah 0.935. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat. Nilai korelasi positif menunjukan bahwa apabila semakin besar kerapatan tanaman yg

digunakan maka persentase penurunan TSS akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan variasi Kerapatan tanaman ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya 0.000 < 0,05 maka korelasinya signifikan.

4.4.2 Analisis Korelasi % Penurunan BOD

Mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variable yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel yakni kerapatan tanaman (mg/cm^2) dan persentase penurunan BOD (%)
- H_1 : Ada korelasi antara dua variabel yakni kerapatan tanaman (mg/cm^2) dan persentase penurunan BOD (%)

Pengambilan Keputusan

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

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Apabila nilai korelasi semakin mendekati 1 atau (-1), berarti hubungan antara 2 variabel semakin erat (Iriawan dan Astuti, 2006).

Correlations: % penyisihan BOD, waktu pengambilan sampel, kerapatan tanaman

	% penyisihan	waktu pengam
waktu pengam	0.422 0.258	
kerapatan ta	0.899 0.001	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

(Kotak 4.2 Hubungan Korelasi Antara Waktu Pengambilan Sampel, Kerapatan Tanaman Terhadap % Penurunan Konsentrasi BOD)

Keputusan

Berdasarkan Kotak 4.2 menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penurunan BOD dengan waktu pengambilan sampel adalah 0.422. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel cukup. Nilai korelasi positif menunjukan bahwa apabila waktu pengambilan sampel yang digunakan semakin banyak maka persentase penurunan BOD akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi Waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya 0.258 > 0,05 maka korelasinya tidak signifikan.
- Korelasi antara persen penurunan BOD dengan kerapatan tanaman adalah 0.899. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat. Nilai korelasi positif menunjukan bahwa apabila semakin besar kerapatan tanaman yg digunakan maka persentase penurunan TSS akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi kerapatan tanaman ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya 0.001 < 0,05 maka korelasinya signifikan.

4.5 Analisis Regresi

4.5.1 Analisis Regresi % Penurunan TSS

Mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variable respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikasi prediksi dari hubungan / korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji kelinieran dan uji t, dalam uji t terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan.
- H_1 : Koefisien regresi signifikan.

Pengambilan Keputusan

Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan tabel t tabel

- Jika t hitung > t tabel, H_0 ditolak.

- Jika t hitung < t tabel, H_0 diterima.

Untuk Nilai Probabilitas

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

Regression Analysis: % penyisihan versus waktu pengam, kerapatan ta

```
The regression equation is
% penyisihan TSS = 51.6 + 1.5750 waktu pengambilan sampel
                  + 0.855 kerapatan tanaman


Predictor                    Coef     SE Coef      T       P
Constant                   51.550      1.240    41.57   0.000
waktu pengambilan sampel    1.5750     0.1677     9.39   0.000
kerapatan tanaman           0.85500    0.03354   25.49   0.000


S = 0.821584   R-Sq = 99.2%   R-Sq(adj) = 98.9%
```

(Kotak 4.3 Hubungan Regresi Antara Berat Karbon Aktif Terhadap % Penurunan konsentrasi TSS)

Keterangan :

- S = Standar deviasi model.
- R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
- T = Nilai statistik.
- P = Nilai probabilitas
- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai statistik Uji
- P = Nilai probabilitas

Pada kotak 4.3 dapat diketahui :

1. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

   $$Y = 51.6 + 1,5750\ X_1 + 0.855\ X_2$$

   Dimana :

   Y = % Penurunan TSS

   X_1 = Waktu Pengambilan Sampel

   X_2 = Kerapatan Tanaman

   Konstanta sebesar 51,6 menyatakan bahwa jika tidak ada variabel waktu pengambilan sampel (X_1) dan variabel kerapatan tanaman (X_2), maka removal TSS sebesar 51,6 %. Koefisien Regresi sebesar 1,5750 untuk variasi waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan TSS sebesar 1,5750 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 0,855 untuk variasi kerapatan tanaman (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan 10 mg/cm^2 kerapatan tanaman akan menurunkan persentase penyisihan TSS sebesar 0,855 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Kotak 4.3 menunjukan bahwa parameter (koefisien) untuk waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman bertanda positif. Jika melihat pada Kotak 4.1 terlihat bahwa koefisien korelasi waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman bertanda positif, dimana koefisien waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman adalah 0,344 dan 0,935. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak ada multikulinear dalam model.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

   <u>Keputusan</u>

   ❖ Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

   Jika statistik t hitung < t tabel ($_{0,025,\ 2}$), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > t tabel ($_{0,025,\ 2}$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Kotak 4.3 statistik t hitung untuk waktu pengambilan sampel

adalah 9,39 sedangkan t tabel 4,303, untuk kedua variasi tersebut t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan t hitung untuk kerapatan tanaman adalah 25,49 sedangkan t tabel 4,303. Untuk kedua variasi tersebut t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

  Terlihat bahwa pada kolom P (Kotak 4.3) adalah 0,000 untuk variasi waktu pengambilan sampel, dan variasi kerapatan tanaman adalah 0,000. Nilai probabilitas untuk kedua variasi tersebut berada di bawah 0,05 yang berarti koefisien regresi signifikan.

4.5.2 Analisis Regresi % Penurunan BOD

Mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variable respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikasi prediksi dari hubungan / korelasi data.

Regression Analysis: % penyisihan versus waktu pengam, kerapatan ta

```
The regression equation is
% penyisihan BOD = - 35.722 + 5.61 waktu pengambilan sampel
                   + 2.39 kerapatan tanaman


Predictor                    Coef  SE Coef       T      P
Constant                  -35.722    4.631   -7.71  0.000
waktu pengambilan sampel   5.6083   0.6263    8.95  0.000
kerapatan tanaman          2.3933   0.1253   19.11  0.000


S = 3.06813   R-Sq = 98.7%   R-Sq(adj) = 98.2%
```

(Kotak 4.4 Hubungan Regresi Antara waktu pengambilan sampel, kerapatan tanaman Terhadap % Penurunan konsentrasi BOD)

Keterangan :

- S = Standar deviasi model.
- R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
- T = Nilai statistik.
- P = Nilai probabilitas
- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai statistik Uji
- P = Nilai probabilitas

Pada kotak 4.4 dapat diketahui :

1. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = -\ 35.722 + 5.61\ X_1 + 2.39\ X_2$$

Dimana :

Y = % Penurunan BOD

X_1 = Waktu pengambilan sampel

X_2 = Kerapatan tanaman

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Konstanta sebesar -35,722 menyatakan bahwa jika tidak ada variabel waktu pengambilan sampel (X_1) dan variabel kerapatan tanaman (X_2), maka removal BOD sebesar -35,722 %. Koefisien Regresi sebesar 5,61 untuk variasi waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan BOD sebesar 5,61 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 2,39 untuk variasi kerapatan tanaman (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan 10 mg/cm^2 kerapatan tanaman akan menurunkan persentase penyisihan BOD sebesar 2,39 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Kotak 4.4 menunjukan bahwa parameter (koefisien) untuk waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman bertanda positif. Jika melihat pada kotak 4.2 terlihat bahwa koefisien korelasi waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman bertanda positif, dimana koefisien waktu pengambilan sampel dan kerapatan tanaman adalah 0,422 dan 0,899. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak ada multikulinear dalam model.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

<u>Keputusan</u>

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

  Jika statistik t hitung < t tabel $(_{0,025,\ 2})$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > t tabel $(_{0,025,\ 2})$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan gambar 4.8 statistik t hitung untuk waktu pengambilan sampel adalah 8,95 sedangkan t tabel 4,303 keputusannya t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan, dan t hitung untuk kerapatan tanaman adalah 19,11 sedangkan t tabel 4,303 keputusannya t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

  Terlihat bahwa pada kolom P (Kotak 4.4) adalah 0,000 untuk variasi waktu pengambilan sampel, dan variasi kerapatan tanaman adalah 0,000. Nilai probabilitas untuk variasi waktu pengambilan sampel berada di bawah 0,05 yang berarti koefisien regresi signifikan, sedangkan variasi kerapatan tanaman berada dibawah 0,05 yang berarti koefisien regresi signifikan.

4.6 Analisis ANOVA

4.6.1 Analisis ANOVA% Penurunan TSS

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh Kerapatan terhadap persentase penyisihan TSS.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis yaitu:

- H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6 (identik)
- H_1 = 1 ≠ 2 ≠ 3 ≠ 4 ≠ 5 ≠ 6 (tidak identik)

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

a) Nilai Probabilitas
   - Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
   - Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

b) Nilai F Hitung
   - F hitung > F tabel, H_0 ditolak
   - F hitung < F tabel, H_0 diterima

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap Kerapatan tanaman dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Two-way ANOVA: % penyisihan TSS versus waktu pengambilan, kerapatan tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
waktu pengambila	2	59.94	29.97	271.00	0.003
kerapatan tanama	2	434.02	219.51	37.00	0.000
Error	4	3.24	0.81		
Total	8	502.20			

S = 0.9 R-Sq = 99.35% R-Sq(adj) = 98.71%

<u>Keputusan</u>

1. Nilai Probabilitas

   Berdasarkan kotak 4.5, nilai probabilitas (P) untuk waktu pengambilan sampel sebesar 0,003. Karena nilai probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak Artinya persentase penyisihan TSS memang tidak identik. Sedangkan untuk kerapatan tanaman sebesar 0,000. Karena nilai probabilitasnya < 0,05 maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan TSS memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan kotak 4.5, nilai F hitung untuk waktu pengambilan sampel sebesar 271,0. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,25. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan TSS memang tidak identik. Sedangkan untuk kerapatan tanaman sebesar 37,0. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,25. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan TSS memang tidak identik.

4.6.2 Analisis ANOVA % Penurunan BOD

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh Kerapat tanaman terhadap persentase penyisihan BOD.

Hasil analisis untuk persentase penyisihan BOD terhadap Kerapatan tanaman dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Two-way ANOVA: % penyisihan BOD versus waktu pengambila, kerapatan tanama

Source	DF	SS	MS	F	P
waktu pengambila	2	755.04	377.52	28.34	0.004
kerapatan tanama	2	3439.87	1719.93	129.13	0.000
Error	4	53.28	13.32		
Total	8	4248.19			

S = 3.650 R-Sq = 98.75% R-Sq(adj) = 97.49%

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

   Berdasarkan kotak 4.6, nilai probabilitas (P) untuk waktu pengambilan sampel sebesar 0,004. Karena nilai probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik. Sedangkan untuk kerapatan tanaman sebesar 0,000. Karena nilai probabilitasnya < 0,05 maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik

2. Nilai F

   Berdasarkan kotak 4.6, nilai F hitung untuk waktu pengambilan sampel sebesar 28,34. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,25. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik. Sedangkan untuk kerapatan tanaman sebesar 129,13. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,25. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik.

4.7 Pembahasan

4.7.1 Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan TSS dan BOD

Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting dalam mengurangi atau menyerap kandungan TSS dan BOD adalah akar tanaman (Bondowoso, 2013). Unsur – unsur yang yang terdapat di air diambil oleh kayu apu dalam bentuk kation dan anion, yang di lakukan oleh ujung – ujung akarnya. Penyerapan terbesar pada bulu – bulu akar yang berjumlah sangat banyak dan setiap tumbuhan biasanya terdapat 200 sampai dengan 300 bulu akar per mm^2, dengan panjang 0,1 mm sampai dengan 10 mm. Permukaan yang luas dan kesempatan kontak langsung dengan air memudahkan proses penyerapan unsur – unsur dalam jumlah yang besar. Jalannya penyerapan digerakkan oleh energi kinetik yang berasal dari gerakkan molekul – molekul yang berada pada perairan yang konsentrasinya lebih tinggi. Pertukaran ion terjadi oleh adanya peresapan bulu – bulu akar terhadap perairan sehingga ion – ion yang terlarut terbawah masuk kedalam sel – sel akar dan ion – ion dalam tanaman akan terbawa keluar karena adanya perbedaan tekanan. Akar yang masih muda berpotensi untuk menyerap ion – ion dalam jumlah yang banyak (Dwijoseputro dalam prabaningrum, Muharini dan Dimalouw, 2008).

TSS adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran atau kertas saring (Sugiharto, 1987). Total suspended solid (TSS) atau total padatan tersuspensi yang ada dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, liat dan lumpur alami yang merupakan bahan – bahan organik atau dapat pula berupa bahan – bahan anorganik yang melayang – layang dalam air.

BOD adalah jumlah oksigen yang di butuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik terlarut. Tujuan pengukuran BOD untuk mengetahui kekuatan air buangan untuk dapat diolah secara biologis. Pada penyerapan BOD oleh kayu apu terjadi proses rizodegradasi yaitu penguraian zat – zat kontaminan oleh

aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan dan fitodegradasi yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk mengurai zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri.

Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik dan anorganik tinggi, merupakan nutrien bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikroba (Handayanto, E. dan Hairiah, K., dalam Tyagita, 2011).

Pada analisa diskriptif penurunan konsentrasi akhir TSS dan BOD antara kerapatan tanaman 20 mg/cm^2, 30 mg/cm^2 dan 40 mg/cm^2, terlihat bahwa kerapatan yang paling efektif adalah pada kerapatan 40 mg/cm^2 yaitu sebesar 66,7 mg/l. Hasil penelitian tersebut ditunjang dengan analisis ANOVA pada reaktor kontinyu yang menunjukkan bahwa persentase TSS dan BOD dalam perlakuan memang tidak identik atau ada perbedaan yang signifikan. Hal ini berarti bahwa variasi kerapatan tanaman mempengaruhi terhadap penurun Konsentrasi TSS dan BOD.

Semakin Padat kerapatan tanaman, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi Bahan organik dan anorganik (Upadhyay, 2004). Variasi kerapatan tanaman pada penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan nilai TSS dan BOD.

Semakin besar kerapatan tanaman, maka nilai TSS dan BOD yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menunjukkan bahwa koefisien dari kerapatan tanaman searah, ditandai dengan adanya tanda positif (+).

Kesimpulan yang diambil adalah jika semakin besar kerapatan tanaman, maka persentase penyisihan TSS dan BOD akan semakin meningkat.

4.7.2 Pengaruh Variasi Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Persentase Penyisihan TSS dan BOD.

Pada proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air di pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis tumbuhan yang digunakan, konsetrasi awal larutan, kapasitas penyerapan yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut, pH larutan, keberadaan polutan, dan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak, maka semakin besar pula polutan yang dapat diserap oleh tumbuhan air. Namun faktor ini tidak berlaku apabila tumbuhan air telah mencapai titik jenuh sehingga berapa pun waktu berikutnya, tumbuhan air tidak akan mampu menyerap polutan lagi dan hal ini dapat dijadikan pedoman untuk menentukan kapan tumbuhan tersebut harus di *recovery* (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011).

Kecepatan penyisihan TSS antara lain dipengaruhi oleh kandungan TSS di dalam air limbah, kerapatan tanaman, kadar TSS dalam Jaringan dan Waktu kontak. Waktu kontak yang lama, berarti memberikan kesempatan TSS melalui gaya Gravitasi partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari berat jenis air akan mengendap kebawah dan yang lebih kecil akan mengapung/melayang. Kecepatan partikel – partikel tersuspensi untuk turun akan lebih tinggi dengan waktu pengendapan yang lebih singkat jika partikel tersuspensi lebih besar dan partikel tersuspensi lebih kecil yang melayang di atas permukaan air akan diserap oleh akar tanaman (Asmadi,dkk,2011).

Dalam penyisihan BOD, jasad renik yang berada didalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, Bahan buangan lainnya serta gas (Novotny & Olem dalam Hidayah dan Aditya, 2006). Dalam waktu tertentu, memberi kesempatan benda organik mengendap. Dengan adanya proses pengedapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya (Wood dalam Hidayah dan Aditya,2009).

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan selama 6 hari, dengan pengambilan sampel dua hari sekali. Penurunan penyisihan TSS dan BOD pada hari kedua (pengambilan sampel pertama) cukup pesat, yang diduga dipengaruhi oleh kandungan

nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah, sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat (Exponential growth phase) (Supradata, 2005 dalam Tyagita, 2011).

Waktu pengambilan sampel yang efektif adalah pada hari ke – 6 dimana konsentrasi TSS dan BOD mengalami penurunan. Pada hari ke – 6 ini di perkirakan mikroba sudah benar – benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai TSS dan BOD yang dihasilkan juga cukup besar. Pada tahap mikroba telah memperbanyak diri yang diimbangi dengan pasokan nutrisi, oksigen, cahaya dan lain sebagainya. Oleh karena ada penambahan jumlah serta makanan yang cukup maka akan diikuti dengan meningkatnya kemampuan mikroba dalam menguraikan zat organik yang terdapat dalam limbah.

Pada analisa diskriptif penurunan konsentrasi akhir TSS dan BOD antara waktu pengambilan sampel 2 hari, 4 hari, dan 6 hari terlihat bahwa waktu pengambilan sampel yang paling efektif adalah pada hari ke – 6 yaitu sebesar 66,7 mg/l. Hasil penelitian tersebut ditunjang dengan analisis ANOVA pada reaktor kontinyu yang menunjukkan bahwa persentase TSS dan BOD dalam perlakuan memang tidak identik atau ada perbedaan yang signifikan. Hal ini berarti bahwa variasi waktu pengambilan sampel mempengaruhi terhadap penurun Konsentrasi TSS dan BOD.

Semakin lama waktu pengambilan sampel, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi Bahan organik dan anorganik (Upadhyay, 2004). Variasi waktu pengambilan sampel pada penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan nilai TSS dan BOD.

Semakin lama waktu pengambilan sampel, maka nilai TSS dan BOD yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menunjukkan bahwa koefisien dari kerapatan tanaman searah, ditandai dengan adanya tanda positif (+).

Kesimpulan yang diambil adalah jika semakin lama waktu pengambilan sampel, maka persentase penyisihan TSS dan BOD akan semakin meningkat.

4.7.5 Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremedasi Berdasarkan Standart Baku Mutu

4.7.5.1. TSS

Konsentrasi awal TSS pada air limbah domestik adalah sebesar 1233,3 mg/l . Konsentrasi TSS pada air limbah domestik tersebut telah melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan MNLH Tahun 2003, untuk konsentrasi TSS yaitu sebesar 100 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan fitoremedisi konsentrasi TSS yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir TSS air Limbah Domestik telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)* dengan kerapatan yang paling effektif yakni pada kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 66,7 mg/l. Hasil konsentrasi akhir TSS tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan MNLH Tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/l, maka air hasil olahan aman untuk dibuang ke badan air.

4.7.5.2. BOD

Konsentrasi awal BOD sebesar 800 mg/l. Konsentrasi BOD pada air limbah domestik tersebut telah melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan MNLH Tahun 2003, untuk konsentrasi BOD yaitu sebesar 100 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan fitoremedisi konsentrasi BOD yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir BOD air Limbah Domestik yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji Kayu Apu *(Pistia Stratiotes L.)* dengan kerapatan yang paling efektif yakni pada kerapatan tanaman 40 mg/cm^2 menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 91,0 mg/l. Hasil konsentrasi akhir BOD tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan MNLH Tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/l, maka limbah hasil olahan aman untuk di Buang ke badan air.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.)* mampu menurunkan kadar TSS sebesar 94,6 % dari konsentrasi awal adalah sebesar 1233,3 mg/l menjadi 66,7 mg/l dan kadar BOD sebesar 88,6 % dari konsentrasi awal sebesar 800 mg/l menjadi 91 mg/l. Hasil penelitian didapatkan parameter TSS dan BOD sudah memenuhi standar baku mutu MNLH Tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/l.
2. Kerapatan 40 mg/cm^2 dan waktu pengambilan sampel pada hari ke 6 merupakan penurunan konsentrasi akhir terbaik pada penelitian penurunan TSS dan BOD menggunakan tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.)* sebagai pengolahan air Limbah cair Domestik Seminari Tinggi Interdiocesan Giovani Malang dengan metode Fitoremidiasi menggunakan pola aliran kontinyu dengan parameter TSS dan BOD .

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lagi dengan merubah variasi waktu pengambilan sampel dari hari menjadi jam.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) dalam menurunkan parameter lain pada air limbah domestik.
3. Pengolahan limbah cair Domestik dengan Metode Fitoremediasi menggunakan tanaman Kayu Apu bisa digunakan sebagai sistem pengolahan Limbah cair pada Seminari Tinggi Interdiocesan Giovani Malang.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G dan Santika, S. S. 1984. **Metoda Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya.

Asmadi.dan Suharno. 2012. **Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Minum.** Yogyakarta : Gosyen Publishing.

Budiman, Hendra dan Robert Aditjipto. 2010. **Efek Toksisitas Produk Deterjen Dengan Bahan Aktif Tambahan Terhadap Ikan Nila.** Laporan Karya Penelitian Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya.

Doraja. P. H, Maya S. dan N.D. Kuswytasari. 2012. **"Biodegradasi Limbah Domestik Dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tangki Septik".** Laporan Penelitian,Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. ITS Surabaya.

Galla, Renianti. 2008. **"Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dalam Menurunkan Konsentrasi COD Dan Warna Pada Limbah Industri Tekstil "X".** Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

Hariyadi, Sigit. 2004. **BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah. Makalah Pengantar Falsafat Sains.** Sekolah Pascasarjana /S3, IPB Bogor.

Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.

Irwan, Lalu. 2055. **"Uji Kemampuan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dalam Menurunkan Konsentrasi Krom Dan BOD Pada Limbah Penyamakan Kulit".** Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

Jenie, B. S. Laksmi Dan Winiati P. Rahayu. 1990. **Penangan Limbah Industri Pangan.** Penerbit Kanisius. Bogor.

Kuniadie, Denny. 2011. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair secara Biologis.** Bandung : Widya Padjadjaran.

Lakitan, Benyamin. 2007. **Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan.** Penerbit PT. Rajagrafindo Persada. Jakarta.

Mangkoedihardjo, sarwoko. 2005. **Fitoteknologi Dan Ekotoksikologi Dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah.** Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

Metcalf dan Eddy, 1981. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse, Resived By Geo Tchobanoglous.** Tata MC Graw-Hill Publising Company LTD, New Delhi.

Rivers III. 2005. Water lettuce (*Pistia Stratiotes L.*). http://Jeg.scijournals.org/cgi/content/full/31/2/690. Diakses pada Tanggal 18 September 2012.

Sari Mekar, Peni. 1999. **"Studi Pemanfaatan Kayu Apu Untuk Menurunkan COD, N Dan P Pada Air Limbah Pabrik Tahu".** Laporan Tugas akhir Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

Subrata, Yudha. 2007. **"Fitoremediasi Logam Berat CU^{2+} Pada Air Limbah Industri Elektroplating Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crasspises*) dan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*)".** Laporan Tugas Akhhir Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

Sugiharto. 2008. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.** Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Sepradata. 2005. **Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus Alternifolius L. Dalam Sistem Lahan Basa Buatan Aliran Bawah Permukaan (Ssf. Wetlands).** Laporan Tesis, Program Studi Magister Ilmu Lingkungan

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

Tyagita, Agnes. 2011. **"Perbandingan Efektifitas Tanaman Air Lemna Minor Dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD Dan COD".** Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

Zustianingtyas, Dian. 2009. **"Pengolahan Limbah Domestik Rumah Susun Dengan Sistem Rawa Buatan (Constructed Wetland) Dalam Menurunkan COD Dan TSS".** Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

A. Perhitungan Bak Reaktor

Direncanakan :

Panjang reaktor = 0,40 m

Lebar reaktor = 0,35 m

Tinggi reaktor = 0,50 m

Luas permukaan (A) = panjang reaktor x lebar reaktor

= 0,40 m x 0,35 m

= 0,14 m^2

Kecepatan (V) = $\sqrt{2gh}$

= $\sqrt{2x9,81 \times 0,14}$

= $\sqrt{2,7468}$

= 1,3734 m/hari

Debit (Q) dan Kecepatan (V) dalam Perpipaan

Debit (Q) = V x A

Debit (Q) = 1,3734 m/hari x 0,14 m^2

= 0,192276 m^3/hari

$$= 0,192276\ m^3/hr \times \frac{1hr}{24jam} x \frac{1jam}{60menit} x \frac{1menit}{60\det ik}$$

= 2,2 x10^{-6} m^3/detik

(Hidrolika Terapan, 2001)

B. Perhitungan Waktu effluen keluar pertama

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

$$t = \frac{L\,W\,n\,d}{Q} \quad \text{.....} (1)$$

Dimana :

- L : Panjang reaktor (m)
- W : Lebar reactor (m)
- n : fraksi dari area cross- section yang tidak terdapat tumbuhan = 0,25 (Metcalf & Eddy, 2001).

- d : kedalaman reaktor (m)
- Q : debit air limbah (m^3/detik)

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

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

$$t = \frac{0{,}40\,m \times 0{,}35m \times 0{,}25 \times 0{,}50m}{0{,}0000022\ m3/hari}$$

$$= 7954{,}5455 \text{ detik}$$

$$= 7954{,}5455 \text{ detik} \times \frac{1\,jam}{60\,menit}$$

$$= 132{,}6 \text{ menit}$$

Jadi waktu effluen keluar pertama adalah selama 132,6 menit.

Analisa Awal Air Limbah

Analisa Sampel Air Limbah
2 Hari

Analisa Sampel Air Limbah
4 Hari

Analisa Sampel Air Limbah
6 Hari

Kondisi Tanaman 2 hari

Kondisi Tanaman 4 hari

Kondisi Tanaman 6 hari

Kondisi Awal Limbah Tanpa Pengolahan

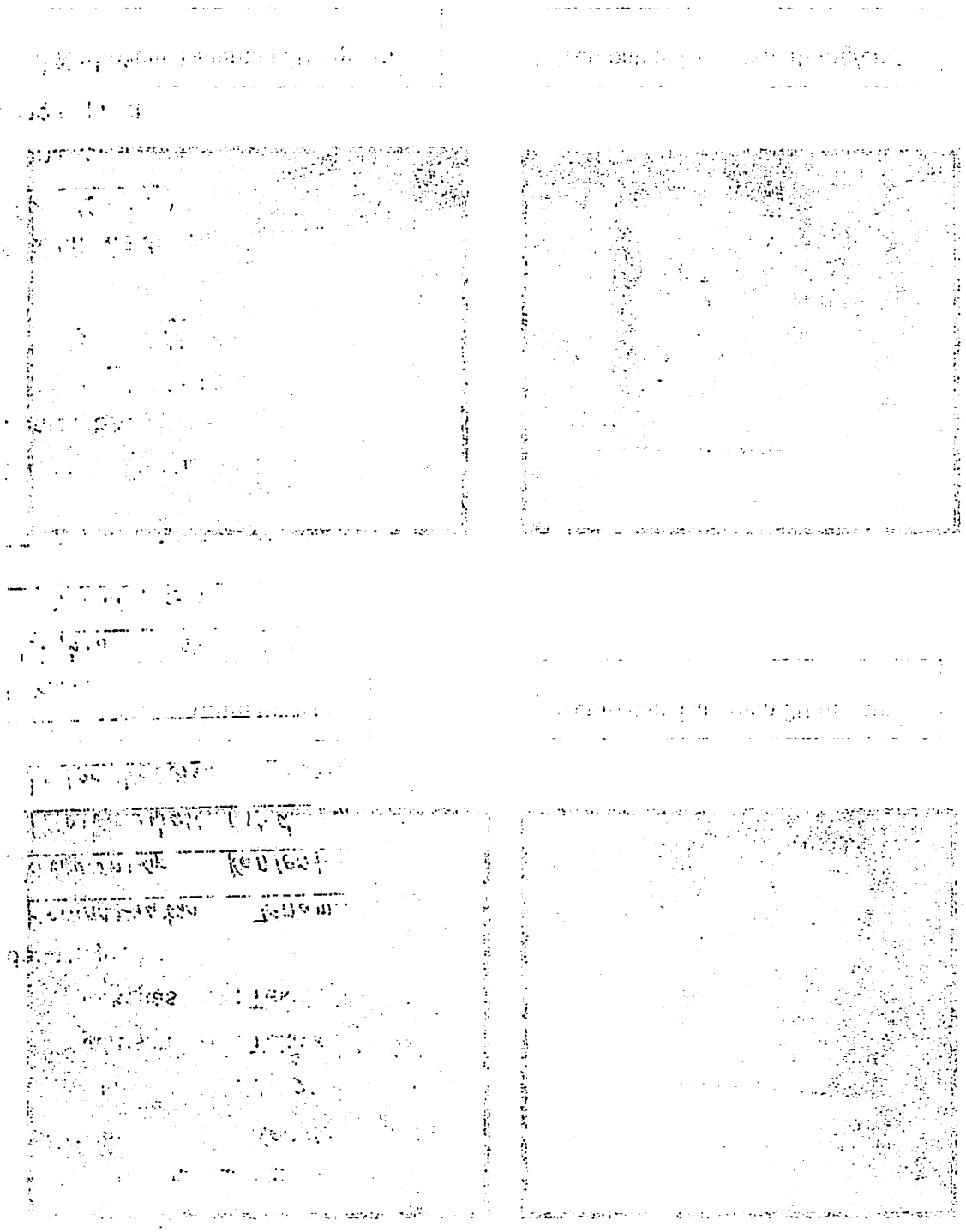
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN
MALANG

Proses Aklimatisasi

Kerapatan Tanaman 20 mg/cm^2

Kerapatan Tanaman 30 mg/cm^2

Kerapatan Tanaman 40 mg/cm^2



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JALAN BEND. SIGURA –GURA No.2
M A L A N G

Perihal : **Penentuan Dosen Pembimbing Skripsi.**

Skripsi yang dilaksanakan oleh mahasiswa :

Nama : Renato Vino F. Pascaf Dos Reis

Nim : 08.26.014

Jurusan : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

dengan judul :

Pemanfaatan Tanaman kayu apu (Pistia stratiotes L.) Dalam Menurunkan Konsentrasi BOD dan TSS Dengan Metode Fitoremediasi (studi kasus: Limbah cair Domestik seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani, kota Malang)

Lokasi :

Limbah cair Domestik seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani, kota Malang

Dalam pengerjaan dan penyusunan laporan skripsi tersebut, akan dibimbing oleh Dosen Pembimbing :

1. Candra Dwi Ratna, ST. MT
2. Anis Artiyani, ST. MT

Adapun waktu penyelesaian skripsi selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal 20 - 12 - 2012 s.d 20 - Juni - 2013 dan apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan maka skripsi tersebut dinyatakan *Gugur* dan diwajibkan untuk mengambil skripsi dengan judul baru.

Demikian harap diperhatikan .

Malang, 10 - 12 - 2012

Ketua Jurusan/Program Studi
Teknik Lingkungan

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN TEKNIK LINGKUNGAN

Candra Dwi

Catatan :
Dibuat rangkap 2 :
1. Untuk Jurusan
2. Untuk mahasiswa yang bersangkutan

MALANG

BERITA ACARA DAN PERBAIKAN SEMINAR SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Seminar Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : RENATA VINO F. PASCAF DOS

NIM : 0826014

yang dilaksanakan pada : ***Rabu, 20 Februari 2013***

dengan Judul Skripsi :

Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu(Pistia Stratiotes L) dalam Menurunkan Konsentrasi TSS dan BOD dengan Metode Fitoremediasi (Studi Kasus : Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani Kota Malang)

dinyatakan *) :

a. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi
b. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi, dengan perbaikan
c. Tidak disetujui untuk ikut ujian dan harus melakukan seminar ulang

*) bulati salah satu point dan langsung dberitahukan pada yang bersangkutan

dengan perbaikan sebagai berikut :

1. Judul diubah dan waktu diperpanjang
2. waktu operasional (tinggi)
3. - Boyt kelengkapan utk waktu ditunggu.
4.
5.

Malang, 20-02-2013

Dosen Pembahas

Pedro

BERITA ACARA DAN PERBAIKAN SEMINAR SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Seminar Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : RENATA VINO F. PASCAF DOS

NIM : 0826014

yang dilaksanakan pada ; ***Rabu, 20 Februari 2013***

dengan Judul Skripsi :

Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu(Pistia Stratiotes L) dalam Menurunkan Konsentrasi TSS dan BOD dengan Metode Fitoremediasi (Studi Kasus : Limbah Cair Domestik Seminari Tinggi Praja Interdiocesan Giovani Kota Malang)

dinyatakan *) :

a. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi
b. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi, dengan perbaikan
c. Tidak disetujui untuk ikut ujian dan harus melakukan seminar ulang

*) bulati salah satu point dan langsung dberitahukan pada yang bersangkutan

dengan perbaikan sebagai berikut :

1. cek. redaksional
2. cek. analisa statistik
3. pembahasan sesuai hasil penelitian & analisa statistik.
4. kesimpulan. merubah "waktu detensi"
5. perlu dijelaskan dlm pembahasan.

Malang, 20 Feb '13

Dosen Pembahas

Evy H.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : CANDRA DWI RATNA, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
4	4 - 2 - 2012	perbaiki kesimpulan tambah di foto hasil fenis Bab I, tambah di Bab data utama Bab II - acc Bab III - acc	
5.	5 - 2 - 2012	Bab I - acc Bab IV = acc Bab V acc	

Siap VI Seminar

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : CANDRA DWI RATNA, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1.	26/1 2013	Bab IV o) Redaksional cek lagi o) Tabel yang konsisten o) pisahkan antara variabel TSS & BOD o) pelajari statistik	
2.	30/1 2013	o) Pembahasa fokus pada karakteristik masing-masing variabel o) perbaiki tabel	
3	1/2 2013	Tambah & kesimpulan	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : CANDRA DWI RATNA, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1.	26/1 2013	Bab IV o) Redaksional cek lagi o) Tabel yang konsisten o) pisahkan antara variabel TSS dan BOD o) pelajari statistik	
2.	30/1 2013	o) Pembahasa fokus pada karakteristik masing-masing variabel o) perbaiki tabel	
3	1/2 2013	Tambah & kesimpulan	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : ANIS ARTIYANI, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
9	14 - 2 -2017	DP. Diri. Abstrak ACC. - Susun laporan - Siap seminar anisartiyani@ymail.com	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]: [illegible]

[illegible]: [illegible]

[illegible]: [illegible]

[illegible]: [illegible]

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : ANIS ARTIYANI, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
6	8 - 2 - 2013	- Gambar & tabel ~~tbl~~ berdiri sndri - 2.6 → dipen kayu apu. - Parameter limbah Domestik → - Aklimatisi - kenapa dilakukan - bagaimana melakukan - font bab statistik BAB II BAB IV → Kedalsional.	BAB II
7.	11-2-2013	BAB III ACC → Kedalsional. BAB IV ACC. BAB V - Kesimpulan perbaiki + lokasi - Saran + fitoremediasi	
8	12-2-2013	BAB II ACC BAB V ACC DP, D isi, cover sdh lengkapi	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JL.Bendungan sigura – gura No.2 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATITES L.) DALAM MENURUNKAN KONSENTRASI BOD DAN TSS DENGAN METODE FITOREMEDIASI

(STUDY KASUS : LIMBAH CAIR DOMESTIK SEMINARI TINGGI INTERDIOCESAN GIOVANI MALANG)

NAMA : RENATO VINO F. PASCAF DOS REIS

NIM : 08.26.014

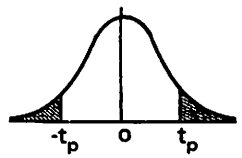
PROGRAM STUDY : TEKNIK LINGKUNGAN

PEMBIMBING : ANIS ARTIYANI, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	18 - 1 - 2013	BAB I - Rumusan masalah - RL.	
2	25 - 1 - 2013	BAB I ACC.	
3.	30 - 1 - 2013	BAB III OK / ACC	
4	31 - 1 - 2013	BAB IV Cek pohfat apa TSS. - Waktu detensi - Pembahasan bawa → cek bab 2	
5.	4 - 2 - 2013	BAB IV - BT yg benar - Redaksional - COD ? - Literatur dikaji	

TABEL C. DISTRIBUSI t

$P(|t| > t_p) = \frac{p}{100}$ = Luas yang diarsir



Gb. C

d.k. n	p = 90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	2	1	0,1
1	0.158	0.325	0.510	0.272	1.000	1.376	1.963	3.073	6.314	2.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	9.965	9.925	31.589
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.578
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.869	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.680	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

GOD

Terima kasih Tuhan YESUS dan BUNDA MARIA Atas Rahmat Yang Engkau Berikan pada Hamba Mu ini,,

Doa yang Selama ini Dipanjatkan telah Engkau Kabulkan... TetapLah bimbing Hamba Mu ini Ke Jalan yang benar menurut Ajaran Mu,,,

FAMILY

MAMA andai Kamu disini????? Akan Ku sujud dihadapan Mu, mencium telapak kaki Mu dan Mengucapkan terima kasih sudah melahirkan saya ke dunia ini,,,akhirNya yang Mama ingin telah ku selesaikan,,,inilah hasil kerja keras ku selama kurang lebih 5 tahun,,,,skripsi ini Ku persembahkan Kepada Mu Mama,,Semoga MAMA turut bahagia disana atas keberhasilan AnakMu ini,,,MAAF Belum sempat Membalas Budi,,,,DOA Ku semoga tempat terindah Telah TUHAN Sediakan untuk MU di Surga,,Jadilah Bintang di Surga yang cahayanya Selalu menerangi hidup Ku,,,THANK YOU MAM,,,,,

NENEK tercinta Terima kasih telah mengasuh Ku dari kecil,,Apa yang diinginkan NENEK telah ku gapai,Tangis Ku Di kuburan Mu telah ada hasilnya,,TERIMA KASIH,,TERIMA KASIH,,DAN TERIMA KASIH,,,,,

ALL OF MY FAMILY.....Maun Nelio,Mana Nina N Tio Noki dan yang lainnya Maaf tidak bisa di sebutkan satu-satu terima kasih buat supportnya,,,

MY Bro Toto N Cosolai terima kasih telah guidenya saya awal datang ke Malang..Akhirnya nyusul kalian dapat Gelar ST,,,

PAHLAWAN TANPA JASA,,Terima kasih DOSEN- DOSEN atas bimbingannya selama 5 tahun banyak ilmu yang ku Dapat Kalian,,B.Candra n B.Anis makasih buat bimbingan skripsinya B.Evy n P.diro terima kasih sudah menguji saya di saat ujian skripsi akhirnya saya banyak belajar dari Revisian yang ada,,P.Har terima kasih telah sudah menjadi orang Tua wali kami di kampus,,sering menbantu disaat kami ada masalah,,P.Hery makasih buat pelajaran yang diberikan,,,,Kalian bagian Terpenting dalam proses pengapaian ilmu,,TERIMA KASAH..TERIMA KASIH...TERIMA KASIH..

FRIENDSHIP (SAHABAT)

NABO thanks Buat Motivasi ketika saya down,support keuangan ketika saya mengeluh soal keuangan, selalu ada disaat saya membutuhkan batuan, Kalian adalah Sahabat Terbaik semoga tetap lanjut sampai Kakek nenek yah,,,,hehehehhehe,,,Kalian adalah Bagian terpenting dari hidup Ku,,Akan kuceritakan PerSahabatan kita ke anak cucu ku,,,cepat atau lambat kita akan Bersama lagi NABO..

Terima kasih sudah menjadi SAHABAT TERBAIK KU,,,

TEKNIK LINGKUNGAN 08: Nana, waty and Yuven u are the best one of my life makasih sudah banyak membantu dalam proses penyelesaian skripsi dari awal proposal sampai hasil Obrigado Sahabat sekaligus Saudara akhirnya saya nyusul kalian bertiga,,,Bornes,Ferdy,Sofi,,makasih sudah jadi sahabat Ku akhirnya nyusul juga jadi ST hehehehehe,,sahabat seperjuangan Nely dan Faris meski Tunda Satu semester akhir selesai juga banyak pelajaran yang di dapat dari semua ini akhirnya kita tiga wisuda juga ewww,,,,,sahabat HenDra, Paten, Reza, Viny, Irul, Ucil, dan Mifta akhirnya kita pake toga sama- sama ewww,,,Buat sahabatKu Rety,Riza,Dedy,Ipul, ivan dan Opan yang semangat yah

ngerjain skripsinya Biar cepat Nyusul.... thank u guys,,kalian sudah menjadi bagian terpenting dalam PETUALANGAN Ku mengapai impian untuk menjadi seorang SARJANA TEKNIK (ST) Di Bumi AREMA.....Buat KAKA TINGKAT Teknik Lingkungan semangat kuliahnya biar cepat LULUS And buat Adik Tingkat rajin belajar yah biar lulus tepat waktu,,,

FBM (Familia Bot Malang)....thanku sudah menjadi bagian terpenting dari petualangan Ku di Malang banyak cerita lucu, sedih,senang,duka kita lalui bersama,,yang semangat kuliah cepat lulus yah biar kita bisa kumpul-kumpul lagi di TL Nontong Bioskop Di TP hahahahahahhaha,,,,,

RENDAH HATI,,,DISIPLIN WAKTU,,SABAR,,,ADALAH PINTU MENUJU KESUKSESAN..