

ISBN 978-602-9372-44 -1

# Monograf



## REMBESAN AIR LINDI (LEACHATE) DAMPAK PADA TANAMAN PANGAN DAN KESEHATAN

Munawar Ali

Monograf  
REMBESAN AIR LINDI (LEACHATE)  
DAMPAK PADA TANAMAN PANGAN  
DAN KESEHATAN

Penyusun  
Munawar Ali  
Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan  
UPN "VETERAN" JAWA TIMUR, Surabaya

Editor Ahli  
Dr. Ir. Rudi Laksmono W , MT  
Editor  
Okik C.H

Penerbit  
Upn press  
Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya  
Cetakan  
I. Surabaya, 2011

Perpustakaan Nasional Indonesia  
Munawar, Ali  
Monograf Rembesan Air Lindi/ Munawar  
Ali - Cet.1-  
Surabaya, UPN "Veteran" Jawa Timur,  
2011.  
X + 68 halaman;  
**ISBN** 978-602-9372-44-1

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran ALLAH Subhanahu Wata'ala atas nikmat dan karunia yang telah diberikan, dan sholawat serta salam untuk junjungan Nabi akhir zaman Muhammad Rasulillahi Sollallahu Alaihi Wasallam. Beliau telah memberikan arahan dan petunjuk pada jalan yang benar dan sekaligus sebagai sentral inspirasi berfikir dan berbuat dalam mengisi kehidupan ini. Atas dasar tersebut, penulisan buku monograf ini dapat terselesaikan berjudul **REMBESAN AIR LINDI (*LEACHATE*) DAMPAK PADA TANAMAN PANGAN DAN KESEHATAN.**

Buku monograf ini merupakan hasil studi di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Surabaya. Penyusunan buku monograf ini dapat terselesaikan atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak khususnya bantuan dari tenaga laboratorium dan mahasiswa yang terlibat secara aktif.

Akhirnya, terlepas dari kekurangan yang ada penulis berharap mudah-mudahan buku monograf ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan kedepan.

Surabaya, Desember 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL .....	v
I PENDAHULUAN .....	1
II AIR LINDI ( <i>Leachate</i> ) .....	4
2.1 Pengertian Umum Air Lindi .....	4
2.2 Perembesan Air Lindi ( <i>Leachate</i> ) .....	5
2.3 Karakteristik Air Lindi ( <i>Leachate</i> ) .....	5
2.4 Parameter air lindi ( <i>leachate</i> ) .....	10
2.4.1 Parameter fisika .....	10
2.4.2 Parameter Kimia .....	11
2.4.3 Parameter krobiologi .....	16
2.5 Pupuk Organik .....	17
2.6 Tanah .....	19
III. PERAN MIKROORGANISME .....	21
3.1 Fungsi Mikroorganisme .....	21
3.2 Beberapa Sifat Mikroorganisme .....	21
3.3 Peredaran Nitrogen (N <sub>2</sub> ) .....	22
3.4 Interaksi Antara Mikroorganisme dengan Bahan Organik Dalam Tanah .....	27
3.5 Unsur Hara Makro .....	28
3.5.1 Nitrogen .....	29
3.5.2 Fosfor .....	30

3.5.3	Kalium .....	30
3.5.4	Logam-logam .....	31
3.6	Tanaman Uji .....	31
3.6.1	Klasifikasi Tanaman Padi .....	32
3.6.2	Persemaian Padi .....	32
3.6.3	Faktor-faktor Pertumbuhan Tanaman .....	36
3.6.4	Unsur Hara Mikro untuk Pertumbuhan Tanaman .....	38
IV	KETAHANAN TANAMAN TERHADAP AIR LINDI .....	40
4.1	Kandungan Air Lindi Secara Umum .....	40
4.2	Pertumbuhan Tinggi Tanaman .....	42
4.3	Pertambahan Banyak Anakan Tanaman .....	45
4.4	Waktu Bunga .....	49
4.5	Berat Biji Dihasilkan .....	50
4.5.1	Penyerapan Unsur N .....	53
4.5.2	Penyerapan Unsur P .....	54
4.5.3	Penyerapan Unsur K .....	55
4.6	Penyerapan Logam Berat .....	56
V	PENUTUP .....	59
	DAFTAR PUSTAKA .....	61
	LAMPIRAN .....	63

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mekanisme Mikroorganisme Sebagai Perombak .....	23
Gambar 2. Skema Peredaran Nitrogen .....	26
Gambar 3. Pertumbuhan Tinggi Tanaman Padi Disiram Air Lindi Sampah Sampai Minggu ke-16 .....	42
Gambar 4. Pola Pertambahan anakan Tanaman Contoh .....	45

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Lindi Landfill .....	6.
Tabel 2. Karakteristik Lindi Sampah .....	9
Tabel 3. Perbandingan rata-rata angka BOD5/COD untuk beberapa jenis air .....	13
Tabel 4. Kandungan Air Lindi Sampah .....	40
Tabel 5. Berat Bulir Yang Dihasilkan Pada Tanaman Disiram Lindi Dan Diberi Pupuk .....	45
Tabel 6. Kandungan logam berat dalam padi .....	57

## I. PENDAHULUAN

Sampah menjadi problem yang serius di kota-kota besar maupun daerah, seiring dengan perkembangan jumlah penduduk semakin meningkat. Sementara perkembangan manajemen sampah yang tidak sebanding dengan laju timbunan sampah, inilah problem yang harus segera dipecahkan. Salah satu kelemahan dari sistem pembuangan sampah adalah tidak adanya pengolahan air lindi atau *air air lindi* , selama ini air lindi belum ditangani secara baik cenderung dibiarkan begitu saja sehingga berpotensi besar mencemari lingkungan.

*Leachate* (air lindi) yang dihasilkan dari sampah domestik umumnya mempunyai karakteristik kandungan bahan organik yang tinggi, selama ini penanganan *air air lindi* dari sampah domestik adalah dengan cara ditampung dan diolah di sistem pengolahan. Hal ini biasanya dilakukan di tempat pembuangan akhir sampah yang ada fasilitas pengumpul *air air lindi* serta instalasi pengolahan air lindi, tetapi kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa sistem dengan fasilitas ini sangat jarang dijumpai, baik di kota besar maupun daerah. Sehingga pengolahan air lindi yang dijumpai di lokasi tempat pembuangan akhir sampah, kebanyakan hanya ditampung dan langsung dibuang ke lingkungan, termasuk sebagian *terinfiltrasi* ke dalam tanah sehingga dapat mencemari tanah.

Air lindi dapat diproses menjadi gas bio, pupuk cair atau starter mikroba. Air lindi mempunyai potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung berbagai macam bahan organik seperti nitrat, mineral dan mikroorganisme. Kuantitas air lindi yang dihasilkan sampah tergolong rendah tetapi dapat mencemari air tanah jika tidak ditangani dengan benar dan langsung dibuang ke tanah sehingga akan mencemari lingkungan sekitarnya. Oleh karena



itu air lindi tersebut dimanfaatkan untuk hal yang berguna misalnya sebagai alternatif pupuk organik. Pemberian air lindi yang berlebihan dapat mematikan tanaman dan memberikan dampak yang buruk pada air tanah, karena dalam air lindi terdapat zat organik yang bersifat racun apabila diberikan dalam jumlah yang berlebih. Usia air lindi juga berpengaruh pada karakteristik air lindi itu sendiri, air lindi yang masih segar mempunyai nilai COD dan pH tinggi dibanding yang telah lama tersimpan dalam bak penampung sehingga kandungan bahan organik serta bahan pencemar pada air lindi yang masih baru lebih tinggi dibandingkan dengan air lindi yang telah lama dalam bak penampungan.

Air lindi kaya akan kandungan bahan organik, anorganik dan mikroorganisme selain itu air lindi juga mengandung logam berat cukup tinggi (US-EPA ,1988), sehingga apabila air lindi tersebut tidak diolah dan langsung dibuang kedalam tanah dapat mencemari tanah dan air tanah. Menurut Agus Hermawan yang dikutip dari (Departemen of Environmental Engineering). Pencemaran lingkungan oleh air lindi yang dihasilkan dari lahan urug sampah kota merupakan salah satu masalah yang timbul dalam aplikasi pengurugan sampah. Lahan urug umumnya berada didaerah pertanian dekat persawahan sehingga air lindi dapat mengalir ke areal ini. Pengaruh air lindi terhadap tanah dan tanaman padi sawah relatif masih belum diketahui. Meskipun secara umum air lindi mengandung hampir semua unsur hara tanaman, namun air lindi mengandung logam berat yang cukup tinggi salah satunya tembaga (Cu), sehingga dapat menjadi racun bagi tanaman.

Menurut Darmono (2001) ada dua faktor penting yang berhubungan dengan penyerapan Cu kedalam jaringan tanaman, yaitu pH tanah dan konsentrasi Cu dalam tanah. Konsentrasi Cu dalam jaringan tanaman menurun apabila pH tanah naik, dan semakin tinggi

konsentrasi Cu dalam tanah akan semakin tinggi pula konsentrasi Cu dalam jaringan tanaman. Oleh sebab itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh nitrogen, fosfor, kalium dan kandungan logam berat dalam air lindi terhadap pertumbuhan tanaman padi

Menurut Darmono (2001) Kontaminasi logam berat dalam tanah pertanian tergantung pada Jumlah logam yang ada pada batuan tempat tanah terbentuk, jumlah mineral yang ditambahkan pada tanah sebagai pupuk, jumlah deposit logam dari atmosfer yang jatuh kedalam tanah dan jumlah yang terambil pada proses panen ataupun merembes kedalam tanah yang lebih dalam.

Tulisan ini disusun untuk menyajikan potensi unsur hara yang dimiliki oleh air air lindi dan tingkat toksisitas untuk tanaman padi, serta peluang sebagai pupuk organik, dan sebagai informasi peluang untuk pupuk alternatif pengganti pupuk buatan (fertilizer) .

## II. AIR LINDI (*LEACHATE*)

### 2.1 Pengertian Umum Air Lindi

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi. Menurut Dena yang dikutip dari (Damanhuri, 1992), air air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi, bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia.

Air lindi yang berada di permukaan tanah dapat menimbulkan polusi pada air tanah dan air permukaan, hal ini dikemukakan oleh Ehrig (1993), sebagai berikut :

1. Air permukaan yang terpolusi oleh air lindi dengan kandungan zat organik tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan akhirnya seluruh kehidupan dalam air yang tergantung oleh keberadaan oksigen terlarut akan mati.
2. Air tanah yang terpolusi oleh air lindi dengan konsentrasi tinggi, polutan tersebut akan berada dan tetap ada pada air tanah tersebut dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen terlarut sehingga sumber air yang berasal dari air tanah tidak sesuai lagi untuk air bersih.

## 2.2 Perembesan Air Lindi (*laechete*)

Dibawah kondisi normal, air lindi didapatkan pada dasar landfill, sehingga pergerakannya melalui lapisan bawah. Meski gerakan lateral juga terjadi, hal ini tergantung juga dari karakteristik material sekitarnya. Karena pentingnya rembesan ke arah vertikal dalam hubungannya dengan kontaminasi air tanah, maka masalah penelitian banyak dititik beratkan pada perembesan arah vertikal.

Ada dua hal yang perlu diperhatikan hubungannya dengan pergerakan air air lindi , yaitu kecepatan perembesan air lindi dari dasar landfill ke air tanah pada permukaan *aquifer* dan kecepatan air tanah dari permukaan *aquifer* yang bergerak ke *bedrock aquifer* (Tchobanoglous, 1983). Dalam hal ini permasalahan dibatasi pada perembesan dari dasar landfill ke permukaan *aquifer*.

## 2.3 Karakteristik Air Air lindi (*Air air lindi*)

Karakter air lindi atau sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi di dalam landfill, yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di landfill antara lain : jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi dan sistem pengoperasian, faktor tersebut sangat bervariasi pada suatu tempat pembuangan yang satu dengan yang lainnya, begitu pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob. Dengan adanya hal tersebut maka akan mempengaruhi pula produk yang dihasilkan akibat proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi serta gas, sebagai contoh bila suatu TPS banyak menimbun sampah jenis organik maka karakter air lindi yang dihasilkan akan mengandung zat organik tinggi, yang disertai bau.

Tabel 1. Karakteristik Air Lindi

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Range</b>
COD	mg/liter	150 – 100000
BOD <sub>5</sub>	mg/liter	100 – 90000
pH	-	5,3 – 8,5
Alkalinitas	(mg CaCO <sub>3</sub> /liter)	300 – 11500
Hardness	(mg CaCO <sub>3</sub> /liter)	500 – 8900
NH <sub>4</sub>	mg/liter	1 – 1500
N-Organik	mg/liter	1 – 2000
N-Total	mg/liter	50 – 5000
NO <sub>3</sub> (Nitrit)	mg/liter	0,1 – 50
NO <sub>2</sub> (Nitrat)	mg/liter	0 – 25
P-Total	mg/liter	0,1 – 30
PO <sub>4</sub>	mg/liter	0,3 – 25
Ca	mg/liter	10 – 2500
Mg	mg/liter	50 – 1150
Na	mg/liter	50 – 4000
K	mg/liter	10 – 2500
SO <sub>4</sub>	mg/liter	10 – 1200
Cl	mg/liter	30 – 4000
Fe	mg/liter	0,4 – 2200
Zn	mg/liter	0,05 – 170
Mn	mg/liter	0,4 – 50
CN	mg/liter	0,04 – 90
Aox <sup>a</sup>	µg/liter	320 – 3500
Phenol	mg/liter	0,04 – 44
As	µg/liter	5 – 1600
Cd	µg/liter	0,5 – 140
Co	µg/liter	4 – 950
Ni	µg/liter	20 – 2050
Pb	µg/liter	8 – 1020
Cr	µg/liter	300 – 1600
Cu	µg/liter	4 – 1400
Hg	µg/liter	0,2 – 50

Sumber: Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya (2005)

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air lindi, pada umumnya hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa

parameter air lindi yaitu mengandung BOD, COD jauh lebih besar daripada air buangan.

Air lindi yang berasal dari timbunan sampah yang masih baru, biasanya ditandai oleh kandungan asam lemak volatile dan rasio BOD dan COD yang tinggi, sementara air lindi dari timbunan sampah yang lama akan mengandung BOD, COD dan konsentrasi pencemar yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena dari timbunan sampah yang masih baru, biodegradasi umumnya berlangsung cepat yang ditandai dengan kenaikan produksi asam dan penurunan pH air lindi yang mengakibatkan kemampuan pelarutan bahan-bahan pada sampah oleh air menjadi tinggi. Perbandingan BOD dengan COD pada timbunan sampah yang masih baru akan berkisar 0,4 % sampai 0,8 %, nilai akan lebih besar pada fase *methanogenesis*. Degradasi material sampah di *landfill* disebabkan karena proses biologi. Perubahan secara fisik dan kimiawi dan juga produksi air lindi dan produksi gas berhubungan langsung dengan aktivitas biologis di dalam *landfill*.

Ada 3 fase utama dari aktivitas biologis yang terjadi dan merupakan satu rangkaian yaitu :

1. Dekomposisi *aerobic* dengan menggunakan oksigen yang tersedia di dalam *landfill*.
2. Dekomposisi *anaerobic* oleh organisme *anaerobic* dan fakultatif, menghasilkan komponen yang lebih sederhana yang dapat larut.
3. Bakteri *Methanogenic* mulai mengkonsumsi komponen yang lebih sederhana, menghasilkan metan dan CO<sub>2</sub>.

Fase I biasanya berlangsung singkat, dalam waktu beberapa minggu. Biasanya fase ini tidak dianggap penting dalam proses stabilisasi sampah, tapi aktivitas biologis pada fase ini sering menyebabkan kenaikan temperatur yang cepat di dalam *landfill*.

Fase II terjadi proses anaerobic yang berlangsung pada tahun-tahun pertama. Temperatur menurun secara berangsur-angsur, karena organisme anaerobic biasanya menghasilkan panas yang lebih sedikit. Pada Fase II ini, air lindi yang dihasilkan mengandung asam lemak yang tinggi, pH rendah, berbau, konsentrasi BOD dan rasio BOD/COD yang tinggi. Selain itu, air lindi ini mempunyai konsentrasi amoniak, N-organik, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, Cl dan logam berat yang cukup tinggi pula.

Fase III adalah fase dimana bakteri Methanogenic menghasilkan removal komponen organik terlarut dari air lindi, terutama asam karboksilat yang menyebabkan kondisi asam, bau dan BOD yang tinggi.

Pada fase III cenderung lambat dibandingkan fase II, dalam waktu bertahun-tahun. Air lindi pada fase ini mempunyai pH netral sampai basa. Selain itu konsentrasi asam lemak, BOD, COD, amoniak dan logam berat lebih rendah dibandingkan pada fase II. Rasio BOD/COD juga lebih rendah, tetapi konsentrasi garam terlarutnya (K, Na, Cl) tetap tinggi.

Air lindi dapat digolongkan sebagai senyawa yang sulit didegradasi, karena mengandung bahan-bahan polimer (makro molekul) dan bahan organik sintetik (Suprihatin 2002 *in* Sulinda, 2004). Pada umumnya air lindi memiliki nilai rasio BOD<sub>5</sub>/COD sangat rendah (<0,4). Nilai rasio yang sangat rendah ini mengindikasikan bahwa bahan organik yang terdapat dalam air lindi bersifat sulit untuk didegradasi secara biologis. Angka perbandingan yang semakin rendah mengindikasikan bahan organik sangat sulit terurai (Alaerts dan Santika, 1984).

Komposisi air lindi sangat bervariasi karena proses pembentukannya dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik-anorganik), mudah

tidaknya penguraian (larut-tidak larut), kondisi tumpukan sampah (suhu, pH, kelembaban, umur), karakteristik sumber air (kuantitas dan kualitas air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrien dan mikroba, dan kehadiran inhibitor (Diana, 1992). Selain itu Sulinda (2004) menyatakan bahwa proses penguraian bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana oleh mikroorganisme aerobik dan anaerobik pada lokasi pembuangan sampah dapat menjadi penyebab terbentuknya gas dan air lindi. Sebagian besar limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah adalah padatan. Limbah tersebut berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula, sehingga setiap air lindi memiliki karakteristik tertentu (Pohland dan Harper, 1985).

Tabel 2. Kategori sumber dan tipe limbah

Kategori Sumber Limbah	Tipe Limbah Utama
Perumahan	Produk kertas, plastik, gelas, abu, limbah makanan
Pertanian	Limbah hasil panen, limbah makanan, sampah, kimia
Komersial	Produk kertas, limbah makan, rongsokan, reruntuhan konstruksi, abu
Kota	Produk kertas, abu, limbah makanan, <i>sludge</i> selokan
Industri	<i>Sludge</i> biologis dan kimia (lumpur biologis hasil pengolahan limbah), produk kertas, abu, reruntuhan konstruksi

Sumber : Pohland dan Harper, 1985

Kuantitas dan kualitas air air lindi juga dapat dipengaruhi oleh iklim. Infiltrasi air hujan dapat membawa kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan bagi proses penguraian



biologis dalam pembentukan air air lindi (Pohland dan Harper, 1985). Meskipun sumber dari kelembabannya mungkin dibawa oleh sampah masukannya, tetapi sumber utama dari pembentuk air lindi ini adalah adanya infiltrasi air hujan. Jumlah hujan yang tinggi dan sifat timbunan yang tidak *solid* akan mempercepat pembentukan dan meningkatkan kuantitas air air lindi yang dihasilkan (Pohland dan Harper, 1985). Pohland dan Harper (1985) menyatakan bahwa umur tumpukan sampah juga bisa mempengaruhi kualitas air lindi dan gas yang terbentuk. Perubahan kualitas air lindi dan gas menjadi parameter utama dalam mengetahui tingkat stabilisasi tumpukan sampah. Oleh karena itu, komposisi kimiawi air lindi dan kekuatan bahan pencemar organik yang dihasilkannya bervariasi untuk tiap lokasi pembuangan sampah.

## **2.4 Parameter Air Lindi (*leachete*)**

### **2.4.1 Parameter fisika**

#### **a. Suhu**

Suhu suatu badan perairan dipengaruhi oleh musim, posisi lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air (Effendi, 2003). Peningkatan suhu dapat mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan sebagainya (Haslam 1995 in Effendi, 2003).

#### b. TSS (Total Suspended Solid )

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 $\mu$ m) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45  $\mu$ m (Effendi, 2003). TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

### 2.4.2 Parameter Kimia

#### a. pH

Pescod (1973) mengatakan bahwa nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Selanjutnya beliau menambahkan bahwa nilai pH perairan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Menurut Pohland dan Harper (1985) nilai pH air lindi pada tempat pembuangan sampah perkotaan berkisar antara 1,5 – 9,5.

#### b. DO (Dissolved oxygen)

Oksigen terlarut (dissolved oxygen) merupakan konsentrasi gas oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari hasil fotosintesis oleh fitoplankton atau tumbuhan air dan proses difusi dari udara

(Fardiaz, 1992). Faktor yang mempengaruhi jumlah oksigen terlarut di dalam air adalah jumlah kehadiran bahan organik, suhu, aktivitas

bakteri, kelarutan, fotosintesis dan kontak dengan udara. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran (mixing) dan (turbulence) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan keadaan limbah yang masuk ke badan air, sehingga akan mempengaruhi kelarutan dan keberadaan unsur-unsur nutrien di perairan (Wetzel, 2001).

c. BOD5 (Biochemical Oxygen Demand )

Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air pada keadaan aerobik yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, sehingga sering disebut BOD5 (APHA, 1989). Nilai BOD5 perairan dapat dipengaruhi oleh suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik (Effendi, 2003). Nilai BOD5 ini juga digunakan untuk menduga jumlah bahan organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi dan akan diuraikan oleh mikroorganisme melalui proses biologi.

d. COD (Chemical Oxygen Demand )

COD menyatakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Hariyadi, 2001). Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan dalam mengoksidasi air sampel (Boyd, 1982). Bila BOD memberikan gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai secara biologis (bahan organik mudah urai, biodegradable organic matter), maka COD memberikan gambaran jumlah total bahan organik yang mudah urai maupun yang sulit terurai (non biodegradable ) (Hariyadi, 2001). Analisa COD berbeda dengan analisa BOD5, namun perbandingan antara angka COD dengan angka BOD5 dapat

ditetapkan (Tabel 3). Angka perbandingan yang semakin rendah menunjukkan adanya zat-zat yang bersifat racun dan berbahaya bagi mikroorganisme (Alaerts dan Santika, 1984).

Tabel 3. Perbandingan Rata-Rata Angka BOD5/COD Untuk Beberapa Jenis Air

Jenis air	BOD5/COD
Air buangan domestik (penduduk)	0,40 – 0,60
Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,60
Air buangan domestik setelah pengolahan secara biologis	0,20
Air sungai	0,10

Sumber : Alaerts dan Santika,1984

Perairan yang memiliki COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, pada perairan tercemar bisa melebihi 200 mg/l dan bahkan pada limbah industri bisa mencapai 60.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992 in Effendi, 2003).

#### e. Amonia total

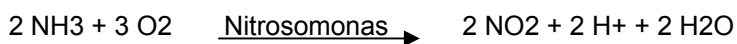
Amonia pada perairan dihasilkan oleh proses dekomposisi, reduksi nitrat oleh bakteri, kegiatan pemupukan dan ekskresi organisme yang ada di dalamnya (Boyd, 1982). Amonia (NH<sub>3</sub>) yang disebut juga nitrogen amonia dihasilkan dari pembusukan zat-zat organik oleh

bakteri. Setiap amonia yang dibebaskan kesuatu lingkungan akan membentuk reaksi keseimbangan dengan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ).

Amonium ini yang kemudian mengalami proses nitrifikasi membentuk nitrit dan nitrat. Amonia dalam keadaan tidak terdisosiasi akan lebih berbahaya untuk ikan daripada dalam bentuk amonium (Pescod, 1973). Nilai amonia memiliki hubungan dengan nilai pH perairan, yaitu makin tinggi pH air maka makin besar kandungan amonia dalam bentuk tidak terdisosiasi (Wardoyo, 1975). Kadar amonia yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri, dan limpasan pupuk pertanian (Effendi, 2003).

#### f. Nitrat

Nitrat adalah bentuk nitrogen utama dalam perairan dan merupakan nutrien utama bagi tumbuhan dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil, dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan (Effendi, 2003). Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung dalam kondisi aerob.

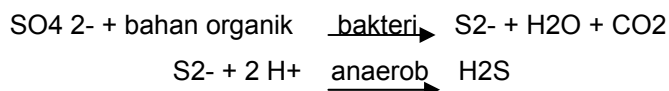


Effendi (2003) juga menyatakan bahwa kadar nitrat yang melebihi 5 mg/l menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia (pencucian dan pengolahan makanan)

serta tinja hewan. Kadar nitratnitrogen yang lebih dari 2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan yang selanjutnya memacu pertumbuhan algae serta tumbuhan air lain menjadi pesat (blooming).

#### g. Sulfat

Sulfat adalah bentuk sulfur utama dalam perairan dan tanah. Di perairan yang diperuntukkan bagi air minum sebaiknya tidak mengandung senyawa natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dan magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ) (Hariyadi et al., 1992). Di perairan, sulfur berikatan dengan ion hidrogen dan oksigen. Reduksi (pengurangan oksigen dan penambahan hidrogen) anion sulfat menjadi hidrogen sulfida pada kondisi anaerob dalam proses dekomposisi bahan organik menimbulkan bau yang kurang sedap dan meningkatkan korosivitas logam (Effendi, 2003).



Pada perairan alami yang mendapat cukup aerasi biasanya tidak ditemukan  $\text{H}_2\text{S}$  karena telah teroksidasi menjadi sulfat. Kadar sulfat pada perairan tawar alami berkisar antara 2 – 80 mg/liter. Kadar sulfat air minum sebaiknya tidak melebihi 400 mg/liter (WHO, 1984 in Effendi, 2003).

#### h. Besi

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat: (1)

terlarut sebagai Fe<sup>2+</sup> (ferro) atau Fe<sup>3+</sup> (ferri); (2) tersuspensi sebagai butiran koloidal (diameter <1 $\mu$ m) atau lebih besar, seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, Fe(OH)<sub>3</sub> dan sebagainya; (3) tergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik (Alaerts dan Santika, 1984).

Besi dalam bentuk ferro maupun ferri tergantung pada nilai pH dan kandungan oksigen terlarut (Welch, 1952). Pada pH normal dan terdapat oksigen yang cukup, kandungan besi ferro yang terlarut akan dioksidasi menjadi ferri yang mudah terhidrolisa membentuk endapan ferri hidroksida yang tidak larut dan mengendap di dasar perairan sehingga membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Kadar besi yang tinggi terdapat pada air yang berasal dari air tanah dalam yang bersuasana anaerob atau dari lapisan dasar perairan yang sudah tidak mengandung oksigen (Wetzel, 2001).

Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05 - 0,2 mg/l (Boyd, 1988 in Effendi, 2003) pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah kadar besinya dapat mencapai 10 – 100 mg/l. Kadar besi > 1,0 mg/l dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik (Moore, 1991). Sedangkan bagi perairan yang diperuntukkan bagi keperluan pertanian sebaiknya memiliki kadar besi yang tidak lebih dari 20 mg/liter (McNeely et al, 1979 in Effendi, 2003).

#### **2.4.3. Parameter mikrobiologi**

Alaerts dan Santika (1984) menyatakan bahwa bakteri yang sering digunakan sebagai indikator untuk menilai kualitas perairan adalah bakteri koliform, fecal koliform, dan fecal streptococcus. Bakteri koliform merupakan bakteri yang berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, hewan berdarah dingin, dan dari tanah. Bakteri

koliform mudah dideteksi, sehingga jika bakteri tersebut ditemui dalam sampel air berarti air tersebut tercemar oleh tinja dan kemungkinan besar perairan tersebut mengandung bakteri patogen. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, kadar maksimum total koliform yang diperbolehkan pada perairan umum yang diperuntukkan untuk mengairi pertanian dan peternakan sebesar 10.000 MPN/100ml.

## **2.5 Pupuk Organik**

Pupuk organik merupakan pupuk dengan bahan dasar yang diambil dari alam dengan jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung secara alami. Sementara pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik dengan jenis dan kadar unsur hara yang sengaja ditambahkan atau diukur dalam jumlah tertentu.

Pupuk organik merupakan salah satu bahan yang sangat penting untuk memperbaiki kesuburan tanah serta kaya akan kandungan unsur-unsur hara mikro yang tidak dimiliki oleh bahan anorganik. Pemberian pupuk organik berpengaruh positif terhadap tanaman dengan bantuan jasad renik yang ada dalam tanah maka bahan organik akan berubah menjadi humus, humus ini merupakan perekat yang baik bagi butir-butir tanah saat membentuk gumpalan tanah.

Fungsi pupuk organik adalah :

1. Kesuburan tanah bertambah. Adanya penambahan unsur hara, humus dan bahan organik ke dalam tanah menimbulkan residu efek , yaitu berpengaruh dalam jangka panjang.
2. Sifat fisik dan kimia dapat diperbaiki. Pemberian pupuk organik menyebabkan terjadinya perbaikan struktur tanah, sehingga sifat fisik



dan kimia tanah ikut diperbaiki. Pemberian pada tanah berpasir menyebabkan daya ikat tanah meningkat. Pemberian pada tanah berlempung akan menjadi ringan, daya ikat air akan menjadi tinggi, daya ikat tanah terhadap unsur hara meningkat, serta drainase dan tata udara dalam tanah dapat diperbaiki. Tata udara tanah yang baik dengan kandungan air cukup akan menyebabkan suhu tanah lebih stabil serta aliran air dan aliran udara tanah yang lebih baik.

3. Sifat biologi tanah dapat diperbaiki dan mekanisme jasad renik yang ada menjadi hidup. Pemberian pupuk organik akan meningkatkan populasi musuh alami mikroba tanah sehingga menekan aktifitas *saprofitik* dari patogen tanaman.

4. Keamanan penggunaannya dapat dijamin, pupuk organik tidak akan merugikan kesehatan atau pun mencemari lingkungan.

Mengingat pentingnya fungsi dan peranan bahan organik bagi tanah serta makin intensifnya penggunaan pupuk anorganik oleh petani maka sangat diperlukan, sangat penting dilakukan upaya pengembalian bahan organik dalam tanah. Dilihat dari bentuknya ada dua jenis pupuk organik yang beredar dalam masyarakat yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Pupuk organik padat merupakan pupuk organik yang berbentuk padat penggunaannya dilakukan dengan cara ditaburkan atau dibenamkan dalam tanah. Sementara pupuk organik cair merupakan pupuk organik berbentuk cair.

Pupuk cair merupakan bentuk ekstrak bahan organik yang sudah dilarutkan dengan pelarut seperti alkohol, air, atau minyak. Penggunaan pupuk organik cair biasanya dengan cara disemprotkan ke daun atau disiramkan ke dalam tanah.

Pupuk organik cair adalah pupuk yang kandungan bahan kimianya maksimum 5%. Karena itu, kandungan NPK pupuk organik

cair relatif rendah. Jika ada pupuk organik yang kandungan NPK tinggi dapat dipastikan bahwa pupuk tersebut palsu. Pupuk organik cair memiliki beberapa keuntungan. Pertama, pupuk tersebut mengandung zat tertentu seperti mikroorganisme yang jarang terdapat dalam pupuk organik padat. Dalam bentuk kering, beberapa mikroorganisme mati dan zat tidak bisa aktif. Jika dicampur dengan pupuk organik padat, pupuk organik cair dapat mengaktifkan unsur hara yang ada dalam pupuk organik padat.

## 2.6 Tanah

Pengertian tanah dapat dipahami dari beberapa definisi berikut:

1. Dokuchaev, 1987

Tanah di definisikan sebagai bahan mineral yang tidak pekat (*unconsolidated*) pada permukaan tanah yang telah dan akan selalu digunakan untuk percobaan serta dipengaruhi oleh faktor-faktor genetik dan lingkungan : bahan induk, iklim (termasuk pengaruh kelembaban dan suhu), makro dan mikroorganisme serta topografi yang segalanya berlangsung pada suatu periode tertentu dan menghasilkan produk tanah yang berbeda dari bahan asalnya pada sifat-sifat fisika, kimia dan biologi serta ciri-cirinya.

2. Das, 1985

Pada dasarnya tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

3. Verloo, 1987

Tanah merupakan campuran dari padatan organik dan anorganik, air, garam terlarut, udara dan mikroorganisme.

## II. PERAN MIKROORGANISME

### 3.1 Fungsi Mikroorganismen

Kehidupan di dalam tanah analog dengan kehidupan di atas tanah. Akar, umbi dan organ-organ lain di bawah tanah adalah sebagai bagian produsen primer. Mereka adalah pemakan dan perombak yang dihubungkan satu sama lain dengan rantai makanan. Peranan utama organisme tanah adalah untuk mengubah bahan organik, baik segar maupun setengah segar atau sedang melapuk, sehingga menjadi bentuk senyawa lain yang bermanfaat bagi kesuburan tanah. Sebagian besar proses perombakan bahan organik dilakukan oleh mikroflora (bakteri, Aktinomisetes, Fungi). Karena tanaman tingkat tinggi adalah penangkap energi matahari dan CO<sub>2</sub> yang pertama maka ia disebut produsen primer. Serasah tanaman yang jatuh ke permukaan tanah disebut detritus akan dimakan oleh mikroflora yang dikenal sebagai konsumen primer, sekunder dan tersier. Sisa-sisa tanaman segar diubah menjadi bagian-bagian kecil oleh nematoda, keong, bekicot, serangga, rayap, tikus dan lain-lain. Bagian-bagian kecil ini diserang oleh mikroflora dan binatang yang hidup dari jaringan tanaman mati atau membusuk. Bila ada sedikit air akan diserang oleh bakteri dan fungi.

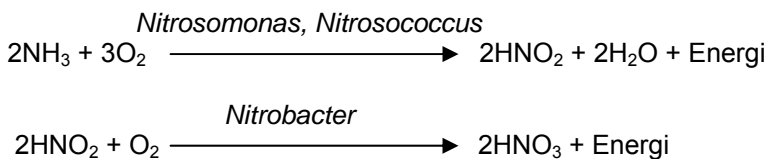
### 3.2 Beberapa Sifat Mikroorganismen

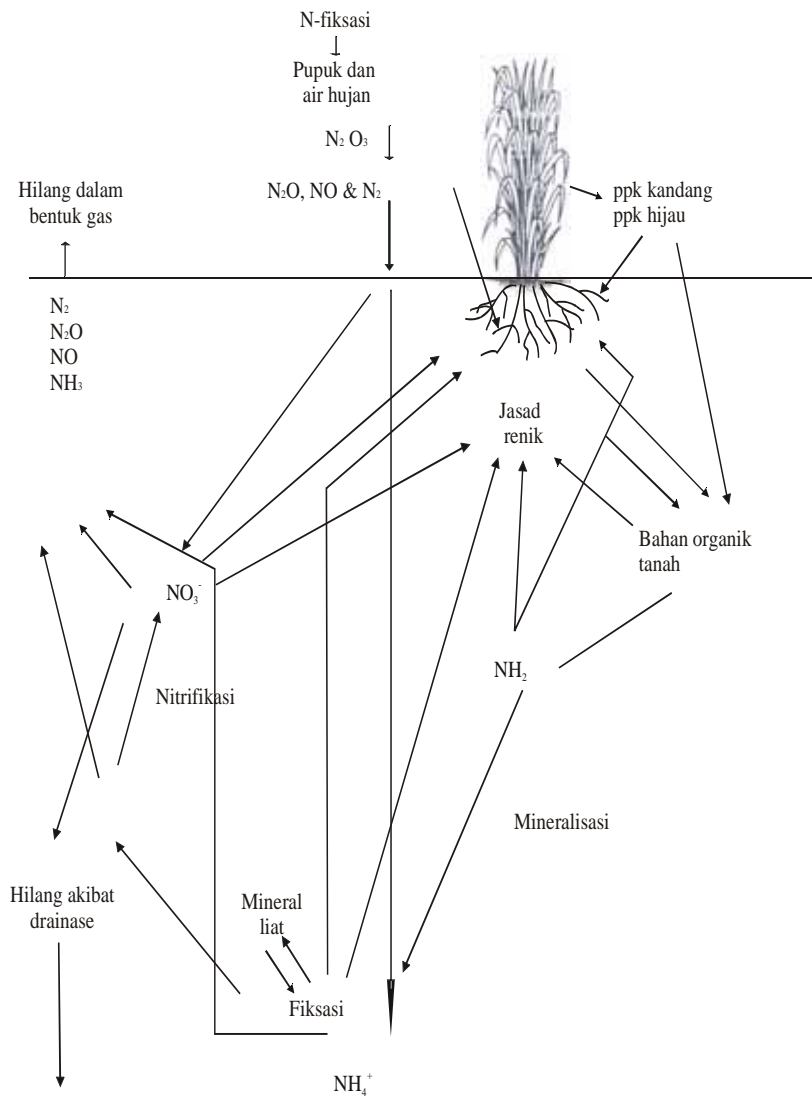
Siklus energi dan nutrisi tetap sebelum tanaman tingkat tinggi dan binatang terjadi. Tidaklah merupakan hal yang aneh bila

mikroorganisme memainkan peranan besar sebagai perombak terakhir. Enzim-enzim yang dikeluarkan berupa pencerna bahan-bahan organik diluar sel dan menyerap larutan hasil pencernaan. Pada umumnya banyak terjadi pada tingkat rambut akar tanaman tingkat tinggi dan mikroorganisme. Keduanya menyerap nutrisi terlarut.

### 3.3 Peredaran Nitrogen (N<sub>2</sub>)

Beberapa generasi bakteri yang hidup bebas di dalam tanah mampu untuk mengikat molekul-molekul nitrogen juga dijadikan senyawa-senyawa pembentuk tubuh mereka, misalnya protein. Jika sel-sel itu mati, maka timbullah zat-zat hasil urai seperti CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> (gas amoniak). Sebagian dari amoniak terlepas di dalam udara, dan sebagian lain dapat dipergunakan oleh beberapa genus bakteri untuk membentuk *nitrit*. Nitrit dapat digunakan oleh beberapa bakteri yang lain untuk memperoleh energi. Oksidasi amoniak menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat berlangsung dalam lingkungan aerob. Peristiwa tersebut disebut *nitrifikasi*. Tahap pertama, yaitu pengoksidasian amoniak menjadi nitrit dilakukan oleh *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* dan beberapa spesies lainnya, sedang pengoksidasian nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh *Nitrobacter*.





Gambar 1. Mekanisme Mikroorganisme sebagai Perombak.

Proses nitrifikasi adalah proses oksidasi, jadi hanya berlangsung lancar di dalam tanah yang cukup ventilasi, tanaman menyerap Nitrogen terutama dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ . Jika pengudaraan kurang, peristiwa sebaliknya yang akan terjadi, yaitu proses *denitrifikasi*, nitrat direduksikan hingga terbentuk nitrit dan akhirnya amoniak. Zat-zat ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Mikroorganisme yang melakukan reduksi ini masuk golongan bakteri *denitrifikan*.

Pada proses transformasi nitrogen di dalam tanah, terjadi melalui tiga tahap yaitu : 1) aminisasi, 2) amonifikasi, 3) nitrifikasi. Tahap aminifikasi dan amonifikasi berlangsung dibawah aktivitas mikroorganisme yang heterotrof. Sedangkan tahap nitrifikasi dipengaruhi oleh bakteri-bakteri autotrof. Mikroorganisme heterotrof membutuhkan senyawa C-organik sebagai sumber energi sedangkan bakteri autotrof memperoleh energi dari oksidasi garam-garam organik dan memperoleh karbon dari  $\text{CO}_2$  di udara.

#### a. Aminisasi

Proses aminisasi dilakukan oleh mikroorganisme heterotrof yang mempunyai banyak jenis. Setiap jenis bertanggung jawab hanya pada satu atau beberapa tahap reaksi dari sejumlah reaksi dekomposisi. Protein dan senyawa yang serupa melalui pencernaan enzimatik yang dilakukan oleh mikroorganisme tadi akan hancur dan menjadi senyawa-senyawa amino seperti proteosa, pepton dan akhirnya amino.

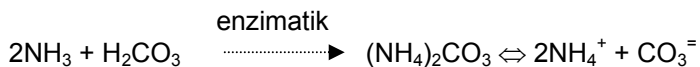
Protein dan senyawa serupa + pencernaan enzimatik  $\longrightarrow$   
 senyawa amino +  $\text{CO}_2$  + Energi

b. Amonifikasi

Amina-amina dan asam-asam amino yang dibebaskan dimanfaatkan oleh golongan bakteri heterotrof yang lain dan membebaskan amonium.



Kombinasi amino



Proses amonifikasi dapat berlangsung hampir dalam setiap keadaan, disebabkan organisme yang mampu melakukannya sangat banyak dan heterogen. Amonium yang dihasilkan dengan cara demikian akan mengalami beberapa perubahan yaitu : 1) dipakai langsung oleh bakteri dalam melanjutkan proses dekomposisi, 2) diambil langsung oleh tanaman, 3) dikonversikan ke nitrit dan nitrat dan, 4) difiksasi oleh mineral liat tertentu.

c. Nitrifikasi

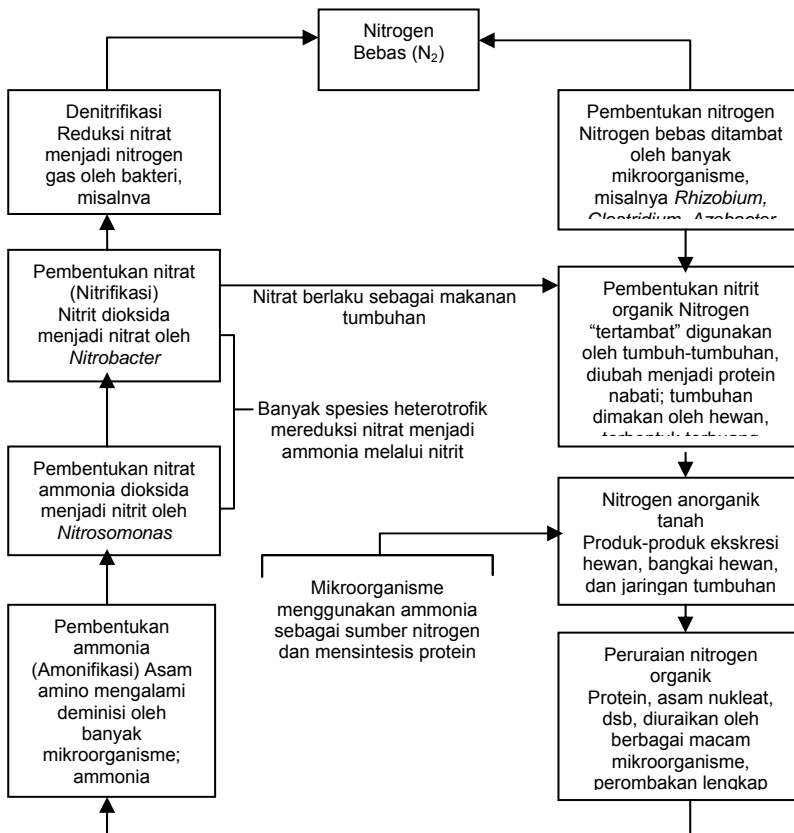
Nitrifikasi merupakan proses oksidasi enzimatik yang dilakukan oleh bakteri-bakteri tertentu. Proses ini berlangsung dalam dua tahap yang dikoordinasikan dan masing-masing tanah dilakukan oleh grup bakteri yang berbeda. Proses pertama yang terjadi adalah pembentukan nitrit, yang segera diikuti oleh proses oksidasi sehingga terbentuk nitrat.





bakteri nitrifikasi mempunyai tingkat pertumbuhan yang rendah dan akan menjadi tidak aktif pada suhu yang melebihi 40°C .

Proses nitrifikasi adalah proses oksidasi, jadi hanya berlangsung lancar di dalam tanah yang cukup ventilasi, tanaman menyerap Nitrogen terutama dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ . Jika pengudaraan kurang, peristiwa sebaliknya yang akan terjadi, yaitu proses denitrifikasi, nitrat direduksikan hingga terbentuk nitrit dan akhirnya amoniak. Zat-zat ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Mikroorganisme yang melakukan reduksi ini masuk golongan bakteri denitrifikan.

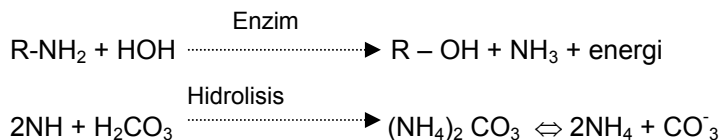


Gambar 2. Skema Peredaran Nitrogen

### 3.4 Interaksi Antara Mikroorganisme dengan Bahan Organik Dalam Tanah

Baik secara langsung maupun tidak langsung, bahan buangan dari manusia dan hewan, jasad mereka, serta jaringan tumbuh-tumbuhan, dibuang atau dikubur dalam tanah. Setelah beberapa lama, bahan-bahan tersebut berubah menjadi komponen organik dan beberapa komponen anorganik tanah. Perubahan-perubahan ini dilakukan oleh mikroorganisme yaitu perubahan bahan organik menjadi substansi yang menyediakan nutrisi bagi dunia tumbuhan. Tanpa aktivitas mikroorganisme maka segala kehidupan di bumi ini lambat laun akan terhambat. Peranan terpenting mikroorganisme tanah ialah fungsinya yang membawa perubahan kimiawi pada substansi-substansi di dalam tanah, terutama perubahan persenyawaan organik yang mengandung karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor menjadi persenyawaan anorganik. Proses ini disebut *mineralisasi*, di dalamnya terlibat sejumlah besar perubahan kimiawi serta berperan bermacam-macam spesies mikroba.

Perubahan dari nitrogen organik menjadi nitrogen anorganik dan dapat digunakan tanaman umumnya hanya mencapai 2-3%. Mineralisasi juga mencakup pelapukan bahan organik tanah yang melibatkan kerja enzim-enzim yang menghidrolisis kompleks protein, seperti reaksi berikut ini :



### 3.5 Unsur Hara Makro

Menurut Dena yang dikutip dari (Heddy, 1990), mekanisme penyerapan unsur hara oleh tanaman melalui dua cara yaitu :

#### 1. Difusi

Adalah masuknya air melalui mulut daun atau stomata dalam bentuk uap-uap air dan terjadi pada waktu kelembaban udara relatif tinggi dan stomata membuka. Dalam teori ini diungkapkan bahwa, apabila air dalam daun telah digunakan untuk fotosintesa atau diuapkan melalui proses transpirasi cairan maka sel-sel daun akan menjadi lebih pekat. Karena lebih pekat maka tekanan difusi atau DPD (Difusion Preasure Dificit) pada daun mengecil sehingga air akan naik. Naiknya DPD air merupakan suatu daya menghisap air dari sel-sel disekelilingnya.

#### 2. Osmose

Adalah masuknya air melalui akar, hal ini berlangsung apabila tekanan difusi pada air tempat tumbuhnya tanaman, lebih tinggi daripada air dalam sel-sel akar tanaman. Menurut teori ini, pada waktu air dari tempat tumbuhnya tanaman masuk ke dalam sel epidermis akar dan bergabung dengan air dalam sel-sel korteks yang berbatasan dengan sel epidermis akar, perjalanan air akan berlanjut hingga mencapai sel-sel xylem dari akar.

Akibatnya gradien osmotik antara xylem dan akar akan meruncing dan hal inilah yang memungkinkan masuknya air kedalam sel-sel akar.

Dalam proses tumbuhnya, tanaman akan lebih mudah menyerap ion-ion yang terlarut di dalamnya.

Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui 3 cara :

- 1). Secara difusi dalam larutan tanah.
- 2). Secara pasif terbawa oleh aliran air.

3). Karena akar tumbuh kearah posisi hara tersebut dalam matrik tanah.

### 3.5.1 Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman sebab merupakan penyusun dari semua protein dan asam nukleik, dan dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Pada umumnya nitrogen diambil oleh tanaman dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), tetapi nitrat yang terisap segera tereduksi menjadi amonium melalui enzim yang mengandung molibdinum. Apabila unsur nitrogen yang tersedia lebih banyak daripada unsur lainnya, dapat dihasilkan protein lebih banyak dan daun dapat tumbuh lebih lebar; sebagai akibatnya maka fotosintesis lebih banyak. Oleh sebab itu diduga lebarnya daun yang tersedia bagi proses fotosintesis secara kasar sebanding dengan jumlah nitrogen yang diberikan.

Pengaruh nitrogen dalam penambahan pertumbuhan daun tidak hanya pada daun semata-mata, sebab semakin tinggi pemberian nitrogen, semakin cepat sintesis karbohidrat yang diubah menjadi protein dan protoplasma.

Pengaruh nitrogen dalam meningkatkan perbandingan protoplasma terhadap bahan dinding sel dapat mengakibatkan bertambah besarnya ukuran sel-sel dengan dinding sel yang tipis. Jumlah nitrogen yang terlalu banyak mengakibatkan menipisnya bahan dinding sel sehingga dengan mudah diserang oleh penyakit, dan gampang terpengaruh oleh keadaan buruk seperti kekeringan atau kedinginan (*Frost*). Sebaliknya, kandungan nitrogen yang rendah dapat mengakibatkan tebalnya dinding sel daun dengan ukuran sel yang kecil; dengan demikian daun

menjadi keras penuh dengan penuh serat-serat. Selain itu nitrogen dapat mempengaruhi warna daun sehingga menjadi hijau gelap. Tetapi apabila nitrogen kurang atau sangat kurang dibandingkan dengan unsur-unsur lain, warna daun menjadi kekuningan-kuningan atau hijau kemerah-merahan.

Pada umumnya nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar. Kalau terlampau banyak, akan menghambat pembungaan dan pembuahan tanaman. (Saifuddin Sarief, 1984)

### **3.5.2 Fosfor**

Fosfor sebagai ortho-fosfat memegang peranan yang penting dalam kebanyakan reaksi enzim yang tergantung kepada fosforilase. Fosfor merupakan bagian dari inti sel, sangat penting dalam pembelahan sel, dan juga untuk perkembangan jaringan meristem. Dengan demikian fosfor dapat merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji, atau gabah, selain itu juga sebagai penyusun lemak dan protein. Pemberian fosfat dalam jumlah yang besar oleh pengaruh waktu dapat berubah menjadi fraksi yang sukar larut.

### **3.5.3 Kalium**

Kalium adalah salah satu dari beberapa unsur utama yang diperlukan tanaman dan sangat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. Kalium sangat penting dalam setiap proses metabolisme dalam tanaman, yaitu dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium. Menurut E. Saifuddin Sarief yang dikutip dari (Russel, 1973), Kalium sangat penting dalam proses fotosintesis, sebab apabila

terjadi kekurangan Kalium dalam daun, maka kecepatan asimilasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) akan menurun. Jadi Kalium berperan membantu pembentukan protein dan karbohidrat, mengeraskan biji dan bagian kayu tanaman, meningkatkan resistensi terhadap penyakit. Menurut penelitian, Kalium terdapat mengumpul pada titik-titik tumbuh.

#### **3.5.4 Logam - logam**

Menurut Enny Widyati yang dikutip dari (Semple, 2003) Logam berat didefinisikan sebagai unsur logam yang mempunyai densitas lebih besar dari  $6 \text{ gr/cm}^3$ . Beberapa polutan logam berat dalam tanah antara lain Timbal (Pb), Cadmium (Cd), Seng (Zn), Timah (Sn), Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Kobal (Co), Barium (Ba), Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Secara umum logam berat merupakan bahan beracun bagi tanaman, manusia maupun hewan. Mikroorganisme dapat menggunakan bahan pencemar sebagai sumber energi, sumber energi, sumber karbon untuk metabolisme hidupnya. Masuknya bakteri pada ukuran populasi tertentu terutama bakteri yang adaptif dan resisten terhadap lahan terpolusi, dapat mengikat logam berat karena mereka memproduksi protein permukaan atau *sequens* peptida yang mampu mengikat logam berat.

#### **3.6 Tanaman Uji**

Sebagai tanaman uji sengaja diambil tanaman padi, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya sampai pada buah yang dihasilkan. Disamping itu tanaman padi merupakan tanaman mudah

hidup dan waktunya relatif pendek, tanaman padi merupakan produk pertanian yang menunjang swasembada pangan nasional.

### 3.6.1 Klasifikasi Tanaman Padi

Tanaman padi merupakan tanaman semusim, termasuk golongan rumput-rumputan dengan klasifikasi sebagai berikut :

Genus : *Oryza sativa. L*  
 Famili : *Gramineae (Poaceae)*  
 Species : ada 25 species, dua diantaranya ialah : *Oryza sativa L* dan *Oryza glaberima Steund*

### 3.6.2 Persemaian Padi

Membuat persemaian merupakan langkah awal bertanam padi. Pembuatan persemaian memerlukan suatu persiapan yang sebaik-baiknya, sebab benih di persemaian ini akan menentukan pertumbuhan padi di sawah. Persemaian harus benar-benar mendapat perhatian, agar harapan untuk mendapatkan bibit padi yang sehat dan subur dapat dicapai.

#### 1. *Persiapan Lahan untuk Persemaian*

Lahan harus dipersiapkan sebaik-baiknya, agar diperoleh bibit yang baik. Dalam persiapan lahan untuk persemaian yang perlu diperhatikan adalah :

- Tanah harus subur

Tanah yang subur mengandung bunga tanah atau humus dalam lapisan yang dalam dan gembur. Tanah yang berstruktur gembur akan mempermudah penyediaan air.

- Cahaya matahari

Sinar matahari dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan bibit agar tetap sehat dan kuat. Bibit harus diupayakan jangan sampai terlindung dari cahaya matahari.

- Pengairan

Air dalam persemaian sangat diperlukan terutama untuk perkembangan semai (bibit). Kedalaman air pada persemaian harus diperhatikan apabila mengalami kekeringan, harus segera diairi. Sebaliknya apabila air terlalu tinggi harus dikurangi agar bibit tetap sehat.

## 2. *Penanaman*

Dalam penanaman bibit padi, yang harus diperhatikan sebelumnya ialah :

a). *Persiapan lahan*

Tanah yang sudah diolah dengan cara yang baik, akhirnya siap untuk ditanami bibit padi.

b). *Umur bibit*

Bila umur bibit dipersemaian telah cukup, sesuai dengan jenis padi, bibit tersebut dapat segera dipindahkan dengan cara mencabut bibit.

c). *Tahap penanaman*

Bibit dipersemaian yang telah berumur 25-40 hari (tergantung varietas padi) dapat segera dipindahkan ke lahan yang telah disiapkan. Semakin genjah umur tanaman padi, akan semakin pendek waktu dipersemaian.



Memindahkan bibit dari persemaian ke sawah dilakukan dengan mencabut bibit terlebih dahulu, kemudian bibit ditanam di sawah.

Syarat-syarat bibit yang siap untuk dipindahkan ke sawah:

- Bibit berumur 25-40 hari .
- Bibit berdaun 5-7 helai.
- Batang bagian bawah besar, dan kuat.
- Pertumbuhan bibit seragam (pada jenis padi yang sama)
- Bibit tidak terserang hama dan penyakit.

### 3. *Pemeliharaan*

Tanaman padi yang dipelihara dengan baik dapat membuahkan hasil yang memuaskan sesuai dengan yang diharapkan. Dalam rangka pemeliharaan tanaman padi ini yang perlu diperhatikan ialah :

#### a). *Penyiangan*

Penyiangan dapat dilakukan dengan cara mencabut rumput-rumput yang tumbuh. Penyiangan dapat dilakukan 2 kali, yakni penyiangan pertama dilakukan pada saat tanaman padi di sawah berumur 3 minggu, sedangkan penyiangan yang kedua dilakukan setelah tanaman padi berumur 6 minggu. Apabila penyiangan tidak dilakukan pada masa-masa pertumbuhan maka tanaman padi akan mendapat persaingan dalam memperoleh makanan.

#### b). *Pengairan*

Air sangat diperlukan tanaman padi sawah untuk pertumbuhan. Tanpa air semua proses biologis akan terhenti, dan semua zat hara yang tersedia pun akan sia-sia.

Fungsi air dalam penanaman padi sawah bermacam-macam :

- Untuk memasak makanan, tanaman membutuhkan air, udara dan sinar matahari (untuk fotosintesis).
- Air berfungsi membawa karbohidrat dan mineral ke bagian-bagian tanaman sebagai cadangan makanan.
- Penguapan air berguna untuk kestabilan suhu disekitar tanaman, pori-pori daun akan tertutup apabila kadar air dalam daun terlalu kecil.
- Air yang diisap oleh tanaman padi sebagian besar hilang lewat penguapan.

#### c). Pemupukan

Tanaman padi memerlukan makanan (hara) untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur hara yang terkandung pada setiap bahan untuk melengkapi unsur hara yang ada pada tanah yang diperlukan tanaman, dinamakan pupuk. Tujuan penggunaan pupuk ialah untuk mencukupi kebutuhan makanan (hara), dalam kehidupan tanaman pupuk yang mengandung berbagai unsur hara berperan sangat penting bagi tanaman, baik dalam proses pertumbuhan ataupun produksi sebab pupuk adalah sebagai cadangan makana, pertumbuhan tanaman, untuk mempertahankan pertumbuhan dan untuk proses produksi.

### 3.6.3 Faktor-faktor Pertumbuhan Tanaman

Pada dasarnya pertumbuhan tanaman di darat tergantung dari air dan unsur hara dalam tanah. Diluar itu tanah menyediakan lingkungan, supaya akar-akar dapat berfungsi. Untuk keperluan itu, diperlukan ruang yang cukup bagi penyebaran perakaran. Oksigen harus tersedia untuk pernafasan akar dan karbondioksida yang dihasilkan harus dikeluarkan dari tanah daripada terakumulasi di dalamnya. Tidak adanya faktor-faktor penghambat (seperti garam-garam beracun yang terlarut) atau elemen-elemen beracun (seperti aluminium), atau perubahan temperatur yang ekstrem serta patogen sangatlah penting. Akar-akar yang telah melekat dengan baik di tanah juga akan mempertahankan tegaknya tanaman.

Unsur-unsur Hara Essensial. Paling sedikit terdapat 16 elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang berdaun lancip. Karbon, Hidrogen dan oksigen bergabung dalam reaksi fotosintesa yang diperoleh dari udara dan air. Mereka membentuk 90 persen atau lebih bahan kering 13 persen elemen lainnya diperoleh sebagian besar dari tanah. Nitrogen, Phospor, Kalium, Kalsium, Magnesium dan Sulfur diperlukan dalam jumlah yang besar dan dinyatakan sebagai makroelemen atau makronutrien. Elemen-elemen yang dibutuhkan dalam jumlah kecil disebut mikroelemen atau mikronutrien. Elemen-elemen ini termasuk Mangan, Besi, Boron, Zink, Copper, Molibdenum dan Chlor.

Lebih dari empat puluh elemen tambahan telah ditemukan dalam tanaman. Beberapa tanaman mengakumulasi elemen-elemen yang tidak essensial tetapi menambah pertumbuhan tanaman atau kualitasnya. Natrium dapat juga digantikan oleh Kalium pada beberapa tanaman apabila natrium tersedia kurang. Unsur hara silikon pada

umumnya dapat menambah ketahanan batang, ketahanan terhadap penyakit serta pertumbuhan padi. Pada beberapa kejadian kobalt dan vanadium menambah pertumbuhan tanaman.

Unsur-unsur dalam tanah terdapat dalam mineral dan bahan organik yang tidak dapat larut dan tidak berguna bagi tanaman. Unsur hara akan tersedia melalui pelapukan dan pembusukan, bahan organik atau melalui perombakan. Tanah jarang sekali mempunyai kemampuan yang cukup untuk menyediakan semua elemen esensial sepanjang waktu sesuai dalam kuantitas yang cukup bagi tanaman untuk dapat memproduksi dengan baik.

Unsur-unsur hara yang diserap terutama dari larutan tanah atau dari permukaan-permukaan koloid dalam bentuk kation dan anion, kation bermuatan positif ; anion bermuatan negatif.

Kebutuhan oksigen tanaman. Pada akar terdapat lentisel yang memungkinkan terjadinya pertukaran gas. Oksigen masuk ke dalam sel-sel akar dan digunakan untuk respirasi, karbondioksida dikembalikan ke dalam tanah. Respirasi menyebarkan energi yang diperlukan untuk sintesa dan translokasi dari gabungan organik dan untuk akumulasi aktif ion-ion nutrisi melawan satu konsentrasi "*gradient*".

Beberapa tanaman dapat tumbuh dalam genangan air, karena tanaman-tanaman ini mempunyai struktur morfologi yang memungkinkan masuknya oksigen secara difusi internal dari atmosfer ke dalam jaringan akar bagian bawah. Tanaman yang sensitif mungkin layu atau mati akibat jenuhnya tanah akan air dalam waktu sehari saja. Kelayuan dapat merupakan petunjuk berkurangnya permeabilitas dari sel akar terhadap air yang disebabkan oleh adanya gangguan metabolisme karena defisiensi oksigen.

Mikroorganisme aerobik, bakteri, aktinomicetes dan fungi menggunakan oksigen dari udara dalam tanah dan terutama bertanggung jawab pada perubahan nutrisi dalam bentuk bahan organik ke dalam bentuk terlarut yang dapat digunakan kembali oleh tanaman.

Tanah akan berusaha membentuk suatu lingkungan yang bebas dari faktor-faktor penghambat seperti keasaman atau kebasahan yang tinggi, organisme penyebab penyakit, bahan-bahan beracun, kelebihan garam dan lapisan kedap air.

### **3.6.4 Unsur Hara Mikro untuk Pertumbuhan Tanaman**

Sebagaimana organisme hidup lainnya, tanaman secara umum untuk melangsungkan pertumbuhannya memerlukan bahan makanan yang disebut "unsur hara". Unsur hara tersebut terdiri dari Carbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), belerang (S), besi (Fe), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), Molibdinum (Mo), Klor (Cl), dan kadang-kadang silisium (Si), Natrium (Na) dan kobalt (Co). unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) diperoleh tanaman dari udara dan air, unsur nitrogen berasal dari ion-ion amonium dan nitrat, terutama dari pemupukan, disamping itu juga dari fiksasi nitrogen udara, sedangkan unsur-unsur lainnya biasanya diambil dari tanah berupa ion-ion organik yang sederhana.

Menurut E.Syaifuddin Syarief yang dikutip dari (Russel 1973) Tanaman menyerap unsur hara dari dalam tanah dalam jumlah dan perbandingan yang berbeda-beda tergantung dari jenis dan *species* tanamannya. menghimpun beberapa hasil penelitian mengenai

hubungan pengisapan beberapa unsur hara dengan kecepatan pertumbuhan tanaman yang dilukiskan pada (gambar 1).

Unsur nitrogen, fosfat, kalium, dan kalsium dengan cepat diisap ketika tanaman masih kecil, tetapi kecepatan ini lebih tinggi lagi apabila tanaman sudah dapat membentuk bahan kering secara cepat. Pengisapan unsur hara ini berlangsung terus meskipun tanaman sudah tidak begitu memerlukannya, oleh karena unsur hara tersebut terdapat dalam larutan tanah, sedangkan akar masih aktif terus mengisap, terutama mengisap air untuk mengimbangi penguapan melalui daun.

Tanaman pada umumnya mempunyai jaringan-jaringan yang dibangun dari karbohidrat-karbohidrat, lemak-lemak, protein dan nukleo protein, dan juga memerlukan enzim-enzim untuk memungkinkan jaringan-jaringan tersebut berfungsi. Untuk membentuk jaringan-jaringan ini diperlukan dalam jumlah banyak beberapa unsur hara seperti karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, fosfor, dan belerang, sedangkan untuk membentuk enzim-enzim diperlukan, paling tidak dalam jumlah yang sedikit, unsur-unsur besi, mangan, seng, tembaga, boron, molibdinum, dan kadang-kadang juga kobalt (Co).

#### IV. KETAHANAN TANAMAN TERHADAP AIR LINDI

##### 4.1 Kandungan Air Lindi Secara Umum

Air lindi sampah di lokasi Transfer Depo dianalisa terhadap unsur N, P, K, pH, Kelembaban dan kadar logam berat. Hasil analisa disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Kandungan Air lindi Sampah.

No	Parameter	Satuan	Hasil
1.	Nitrogen (N)	Mg/l	511,538
2.	Phospor (P)	Mg/l	1,354
3.	Kalium (K)	Mg/l	781,825
4.	Calsium (Ca)	Mg/l	46,50
5.	Magnesium (Mg)	Mg/l	43,20
6.	Sulfida (S)	Mg/l	0,000
7.	Besi (Fe)	Mg/l	25,235
8.	Mangan (Mn)	Mg/l	1,355
9.	Seng (Zn)	Mg/l	0,367
10.	Tembaga (Cu)	Mg/l	151,87
11.	pH	-	7,37

Sumber : Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya (2005)

Berdasarkan komposisi tipikal limbah cair domestik (Metcalf and Eddy, 1991) nilai BOD 10.000 mg/l, N-Total = 511,538 mg/l, Phospat (P) = 1,354 mg/l, dan Kalium (K) = 781,825 mg/l yang terkandung dalam limbah cair air lindi sampah dari hasil analisa laboratorium tergolong tinggi walaupun kadar fosfatnya rendah. Air lindi dalam tanah akan mengalami mekanisme pemisahan secara fisik,

kimia dan biologis. Pemisahan secara fisik, dengan memanfaatkan pori-pori tanah, zat padat yang tersuspensi dipisahkan melalui proses filtrasi. Senyawa kimia yang terkandung di dalam air lindi, oleh tanah akan diadsorpsi, sehingga akan terjadi pemisahan secara kimia. Sedangkan untuk bahan organik, oleh mikroorganisme tanah akan diuraikan. Berdasarkan hal tersebut, air lindi yang mempunyai karakteristik bahan organik yang tinggi, diantaranya kandungan bahan organik N, P, K serta logam berat dapat diolah dengan memanfaatkan reaktor alam. Bahan organik serta logam berat dalam air lindi dapat dinetralsir oleh tanah, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah untuk menguraikan bahan organik tersebut menjadi bentuk senyawa anorganik, sedangkan senyawa nilai kimia N, P dan K oleh tanah akan diadsorpsi. Hasil penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik dan hasil pengikatan senyawa kimia, merupakan sumber unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk membantu pertumbuhan tanaman.

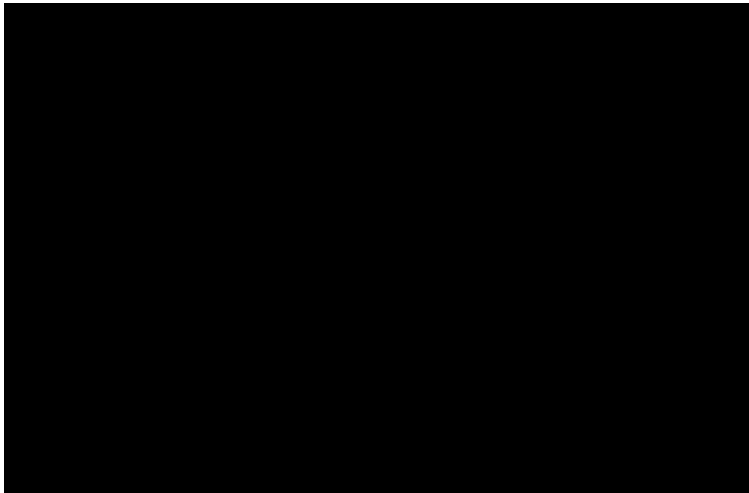
Sebuah hasil penelitian menginformasikan bahwa dengan memanfaatkan kandungan N dan K yang tinggi pada air lindi sebagai pupuk pada tanaman padi, karena selain air lindi dapat dinetralsir oleh tanah juga dapat berfungsi sebagai unsur hara tanaman (Land Treatment), Menurut Lilik yang dikutip dari (Suhardi, 1983) Unsur N, P dan K banyak dibutuhkan tanaman padi-padian.

Penelitian pemanfaatan air lindi sampah, menggunakan variasi volume air lindi sebesar 400 ml ; 500 ml ; 600 ml, yang disiramkan ke tanaman padi, kemudian pertumbuhan dan hasil produksinya dibandingkan dengan tanaman padi yang diberi pupuk.



## 4.2 Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Dari beberapa pengamatan bahwa pertumbuhan tanaman yang dilakukan dengan menyiram dengan air lindi dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Pola Pertumbuhan Tinggi Tanaman Padi disiram Air Lindi Sampah Sampai Minggu Ke-16

Pada (gambar 3), Terlihat bahwa ketika tanaman berumur 1 minggu, tinggi tanaman padi untuk semua variasi dapat dikatakan sama rata, karena kebutuhan untuk unsur hara bibit tanaman padi sampai bibit berumur 1 minggu masih dapat dicukupi oleh kandungan zat dalam keping biji padi yaitu adanya endosperm yang berfungsi sebagai reservoir atau cadangan makanan bagi benih yang baru tumbuh. Pada masa ini benih hanya membutuhkan air untuk menjaga kelembaban tanah, sehingga penyiraman air lindi pada minggu pertama tidak berpengaruh.

Pertambahan tinggi tanaman padi yang pesat terjadi setelah dilakukan penyiraman air lindi ke-2 ketika tanaman padi berumur 1-2 minggu. Pertambahan tinggi bibit padi disebabkan karena mulai

tumbuhnya akar-akar pada batang bibit, fungsi akar tersebut untuk menyerap air dan untuk kebutuhan perkecambahan, sehingga membutuhkan air dengan jalan penyerapan. Sedangkan pada saat tanaman padi berumur 3-5 minggu pertambahan tinggi tanaman tidak begitu pesat, karena pada masa tanaman padi berumur 3 minggu dilakukan pemindahan bibit padi dari tempat pembibitan atau pembenihan ke lahan tanam padi. Pada masa itu tanaman padi mengalami adaptasi terhadap media tanamnya yang baru. Hal ini terbukti pada tanaman padi belum terjadi penambahan anakan.

Setelah dilakukan penyiraman ke-3 (ketika tanaman padi berumur 6 minggu), tinggi tanaman padi bertambah pesat sampai tanaman padi berumur 10 minggu. Pada penelitian ini, penyiraman air lindi ke-3 ini bertepatan dengan masa tanaman tumbuh aktif, yaitu suatu masa tanaman mengalami pertambahan tinggi dan bertambahnya anakan.

Kemudian setelah tanaman padi berumur 10 minggu dilakukan penyiraman ke-4, dari (gambar 3) tampak bahwa pertambahan tinggi tanaman tidak begitu pesat, hal ini terjadi karena tanaman padi mengalami perubahan pertumbuhan yaitu dari pertumbuhan vegetatif ke pertumbuhan generatif (tanaman mulai berbunga).

Terlihat bahwa perbedaan pertambahan tinggi tanaman padi yang disiram dengan air lindi 500 dan 600 ml tidak begitu berbeda jauh (gambar berhimpit), sedangkan untuk volume 400 ml pada saat berumur 9 minggu, tingginya mulai lebih rendah jika dibandingkan dengan volume air lindi lainnya. Hal ini disebabkan karena tidak terpenuhinya kebutuhan tanaman akan unsur N, P dan K, sedangkan tanaman padi dengan penyiraman 600 ml dan 500 ml memperoleh jumlah unsur hara yang lebih banyak atau dapat dikatakan sedikit terpenuhi. Hal ini terbukti dengan perbedaan ketinggian yang tidak begitu jauh yang terlihat dari tabel pertumbuhan tinggi tanaman. Pada

saat tanaman padi berumur 13 minggu kandungan logam berat dalam air lindi mulai memberikan efek negatif pada tanaman padi, dari (gambar 5) diatas terlihat bahwa padi dengan penyiraman 500 ml dan 600 ml terhambat pertumbuhannya dibandingkan dengan padi pada penyiraman 400 ml, sehingga semakin banyak volume air lindi yang diberikan pada tanaman, maka pertumbuhannya akan semakin terganggu akibat pengaruh logam berat.

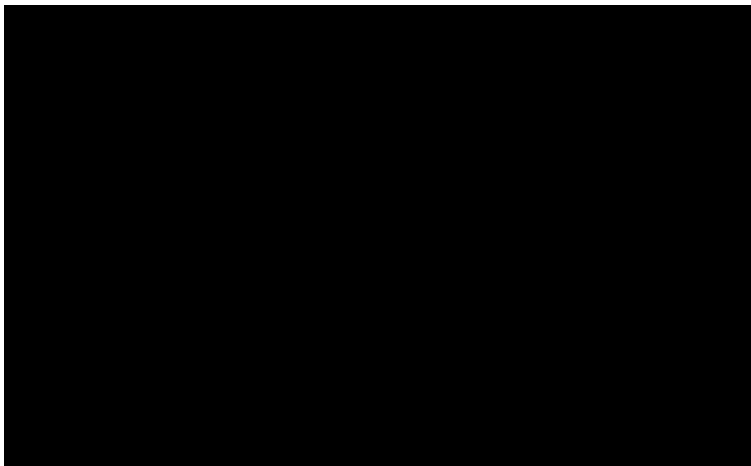
Tanaman padi yang diberi pupuk pada saat tanaman berumur 1 minggu tingginya dapat dikatakan sama dengan tanaman yang disiram air lindi yaitu 13 cm karena pada masa ini kebutuhan unsur hara bibit tanaman padi sampai berumur 1 (satu) minggu masih dapat dicukupi oleh kandungan zat dalam keping biji padi yaitu adanya endosperm yang berfungsi sebagai reservoir makanan bagi benih yang baru tumbuh. Pada masa ini benih hanya membutuhkan air untuk menjaga kelembaban tanah. Namun untuk selanjutnya pertambahan tinggi mulai lebih lambat jika dibandingkan dengan tanaman yang disiram dengan air lindi, hal ini disebabkan karena penyerapan unsur hara dalam pupuk oleh tanaman memerlukan waktu, karena senyawa yang tersedia dalam pupuk pada umumnya dalam bentuk yang belum siap diserap oleh tanaman.

Bentuk senyawa N pada pupuk buatan adalah dalam bentuk amida sehingga harus mengalami proses amonifikasi dan nitrifikasi dulu agar dapat diperoleh bentuk senyawa N yang siap diserap oleh tanaman. Selain itu penyebab lainnya adalah jumlah mikroorganisme dalam tanah, jika mikroorganisme dalam tanah banyak, maka semakin cepat terurainya senyawa dalam pupuk tersebut. Sebaliknya jika didalam tanah tersebut jumlah mikroorganismenya sedikit maka penguraian senyawa dalam pupuk juga semakin lama yang berdampak pula terhadap terhambatnya pertumbuhan tanaman karena hanya

dengan bantuan mikroorganisme sehingga bahan organik dalam pupuk tersebut dirubah menjadi bentuk anorganik yang kemudian dapat diserap oleh tanaman. Akan tetapi pada umur 13 minggu pertumbuhannya mulai cepat sehingga tinggi tanaman yang dipupuk mendekati tinggi tanaman yang disiram dengan air lindi karena bahan organik dalam pupuk sudah diuraikan oleh mikroorganisme.

### 4.3 Pertambahan Banyak Anakan Tanaman

Data banyak anakan tanaman dapat di lihat ditabel (lampiran). Banyak anakan tanaman padi yang disiram air lindi dan padi yang diberi pupuk dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pola Pertambahan anakan Tanaman Contoh

Dari data banyak anakan yang terlampir di tabel (lampiran) tampak bahwa banyak anakan yang dihasilkan untuk masing-masing tanaman tidak sama, perbedaan banyak anakan yang ada disebabkan karena

perbedaan kedalaman penanaman bibit padi, bibit padi yang ditanam lebih dalam akan menghasilkan jumlah anakan yang lebih sedikit.

Bibit padi yang telah berumur 4 minggu siap ditanam. Penanaman bibit padi untuk setiap satu titik tanam atau tancapan lubang sebanyak 2 batang tanaman. Ketika padi yang ditanam telah berumur 5 minggu (1 minggu setelah tanam) jumlah batang untuk masing-masing tanaman masih tetap berjumlah 5 buah, karena pada masa ini tanaman padi khususnya akarnya, mengalami adaptasi terhadap media tanamnya yang baru.

Dari Gambar 4 khususnya untuk tanaman padi yang disiram dengan air lindi, tampak bahwa setelah tanaman padi berumur 6 minggu (setelah penyiraman limbah ke-3) jumlah anakan tanaman padi untuk semua konsentrasi mulai bertambah banyak. Hal ini berlangsung sampai tanaman padi berumur 8-9 minggu, setelah itu pertambahan anakan tanaman padi tidak begitu pesat, meskipun ketika tanaman berumur 10 minggu dilakukan penyiraman air lindi ke-4 dari Gambar 4 . tampak bahwa tanaman padi dapat dikatakan sudah tidak mengalami pertambahan anakan lagi, karena pada masa ini tanaman padi mengalami perubahan masa, yaitu dari masa vegetatif ke masa generatif (tanaman mulai berbunga).

Lain halnya dengan tanaman padi yang diberi pupuk, setelah pemberian pupuk ke-3 tanaman padi tidak langsung mengalami pertambahan anakan yang begitu pesat, tanaman padi yang diberi pupuk mengalami pertambahan anakan yang begitu pesat setelah tanaman berumur 8 minggu. Dan setelah dilakukan pemupukan ke-4 (ketika tanaman berumur 10 minggu) tanaman masih mengalami pertambahan jumlah anakan walaupun tanaman sudah mulai berbunga.

Unsur yang sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman adalah unsur N (Nitrogenum). Sedangkan kebutuhan tanaman padi akan unsur N adalah sebesar  $30 \text{ kg/ha} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ gr/cm}$ . Dari hasil analisa laboratorium BLK untuk kandungan N total dalam bentuk ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam air lindi sampah adalah sebesar 511,538 mg/l.

Dalam air lindi sampah mengandung N dalam bentuk anorganik dan organik. N-organik ini oleh tumbuhan tidak dapat dimanfaatkan langsung, sehingga memerlukan waktu yang lama untuk dimanfaatkan; karena harus mengalami proses demineralisasi, jumlah unsur hara mikro yang harusnya diberikan dalam jumlah sedikit diberikan dalam jumlah yang relatif tinggi selain itu adanya kandungan logam berat yang cukup tinggi dapat mengganggu proses pertumbuhan tanaman.

Dari Gambar 4 untuk volume air lindi 400 ml walaupun jumlah N yang diberikan kurang memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur N, pertumbuhan tanamannya cukup banyak, hal ini karena tanaman menghisap unsur N yang tersedia di dalam tanah selain itu kandungan unsur logam beratnya juga paling sedikit dibandingkan volume air lindi yang lain. Unsur N yang ada ini berasal dari sisa-sisa jerami yang ditanamkan ke dalam tanah pada saat pengolahan sisa tanah. Sisa-sisa jerami ini merupakan sumber bahan N organik yang akhirnya mengalami proses penguraian oleh mikroorganisme tanah sehingga menjadi bahan anorganik yang dapat diserap oleh tumbuhan.

Dan pemberian konsentrasi yang lebih besar tentunya melebihi kebutuhan akan unsur N. Pemberian jumlah N yang berlebihan tidak akan lagi merangsang tanaman memberikan hasil yang lebih tinggi, kenyataannya adalah sebaliknya, N yang diberikan dalam jumlah yang berlebihan akan merangsang kepekaan tanaman terhadap serangan cendawan. N yang berlebihan akan merusak keseimbangan antara zat

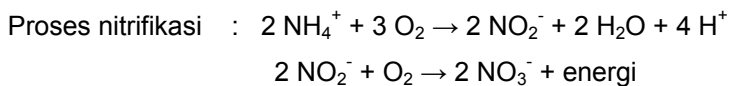
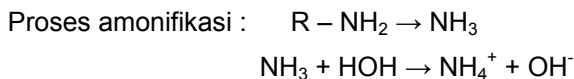
hara N dan zat hara  $\text{SiO}_2$ , sehingga penyerapan zat hara N akan lebih banyak daripada penyerapan Silikat ( $\text{SiO}_2$ ), dengan demikian tanaman tidak akan kuat menangkis serangan cendawan, menurut Dena yang dikutip dari (Hadiran S.,1981) pemberian N yang berlebihan menyebabkan hasil pertanaman menjadi turun.

Dari Gambar 4, jika dilihat perbandingan kecepatan pertumbuhan anakan antara tanaman yang disiram air lindi dengan tanaman yang diberi pupuk, dapat diketahui bahwa tanaman yang disiram dengan air lindi pertumbuhannya lebih cepat jika dibandingkan dengan tanaman yang diberi pupuk. Perbedaan nyata terjadi yakni pada minggu ke-6 dan minggu ke-8. Pada minggu ke-6 dan ke-8 ini, tanaman memasuki masa tumbuh aktif, yaitu masa tanaman mengalami pertumbuhan tinggi dan ruas anakan dan pada masa unsur N sangat dibutuhkan oleh tanaman.

Nitrogen (N) berperan dalam merangsang pembentukan anakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa penyerapan tanaman terhadap air lindi lebih cepat dibandingkan dengan penyerapan tanaman terhadap pupuk. Karena air lindi bersifat cair atau dalam bentuk larutan sehingga mudah diserap tanaman. Dalam air lindi terdapat senyawa N dalam bentuk N-organik, N-nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), N-nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), N-amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Senyawa nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) inilah yang dapat diserap langsung oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Kemudian untuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) oleh bakteri melalui proses nitrifikasi akan diubah menjadi bentuk senyawa nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) yang nantinya diserap oleh tanaman.

Sedangkan penyerapan pupuk oleh tanaman memerlukan waktu, karena senyawa yang tersedia dalam pupuk pada umumnya belum dapat langsung diserap oleh tanaman. Pupuk yang diberikan untuk pemupukan ke-3 adalah jenis buatan. Bentuk senyawa N pada

pupuk buatan adalah bentuk amida sehingga harus mengalami proses amonifikasi dan nitrifikasi dahulu agar diperoleh bentuk senyawa N yang dapat dihisap/diserap oleh tanaman. Bentuk amida dalam buatan dengan bantuan bakteri yang kuat, cepat berubah menjadi amoniak. Umumnya tanaman sulit menghisap N dalam bentuk amoniak karena berbentuk gas, sehingga oleh bakteri-bakteri tanah diubah menjadi bentuk nitrat. Sehingga agar pupuk dapat dihisap oleh tanaman, pupuk mengalami proses sebagai berikut :



Jika dilihat dari Gambar 4, pada minggu ke-14, tampak bahwa tanaman yang diberi pupuk memiliki jumlah anakan yang sama dengan tanaman yang diberi air lindi 400 ml yaitu dengan jumlah 23buah.

#### 4.4 Waktu Bunga

Setelah penyiraman air lindi sampah yang ke-4 yang dilakukan pada saat tanaman berumur 8 minggu, tanaman padi mengalami perubahan yaitu perubahan pertumbuhan dari pertumbuhan vegetatif menjadi pertumbuhan generatif, yaitu fase tanaman mulai menghasilkan bunga dan buah yang selanjutnya disebut dengan bulir-bulir padi.

Dari hasil penelitian, tanaman padi yang dipupuk dan yang diberi air lindi dalam waktu yang bersamaan telah menghasilkan bunga



yakni pada minggu ke-12. Dengan demikian tanaman padi yang disiram dengan air lindi dengan padi yang diberi pupuk mempunyai waktu yang bersamaan pula didalam proses pemanenan. Walaupun pada awal-awal terjadi keterlambatan pertumbuhan pada padi yang diberi pupuk, setelah beberapa minggu ternyata padi yang diberi pupuk mulai terlihat cepat pertumbuhannya. Hal ini dibuktikan dengan keluarnya bunga yang bersamaan dengan tanaman yang disiram dengan air lindi.

#### 4.5 Berat Biji Dihasilkan

Tabel 5. Berat bulir yang dihasilkan pada tanaman yang disiram air lindi dan diberi pupuk.

<b>Volume Air lindi (ml)</b>	<b>Berat Bulir Padi (gr)</b>
NPK	18,7
400	8,8
500	6,9
600	6,9

Dalam produktivitas tanaman padi sangat dipengaruhi oleh unsur K dalam tanah tanaman padi yang kekurangan unsur K ini mengalami kekerdilan serta kehampaan pada bulir padi, karena unsur Kalium ini berperan membantu pembentukan protein dan karbohidrat, mengeraskan jerami dan bagian kayu tanaman, meningkatkan resistensi terhadap penyakit dan kualitas buah-buahan.

Produktivitas tanaman padi juga dipengaruhi oleh kondisi matahari dan air. Tanaman padi yang menerima pancaran sinar matahari yang lama akan menghasilkan produksi gabah yang tinggi,

sedangkan tanaman padi yang kurang menerima pancaran sinar matahari akan menghasilkan produksi gabah yang rendah. Karena proses pembungaan dan pembuahan antara benang sari dan kepala putik terjadi pada hari-hari cerah dengan suhu 30-32 °C, selain itu dengan menerima pancaran sinar matahari yang lama, maka fotosintesis akan berlangsung lama sehingga sintesa pembentukan protein akan berlangsung lama pula.

Tanaman padi dalam masa pertumbuhannya sangat memerlukan air, apalagi pada saat tanaman sudah mengalami suatu perubahan, yaitu dari pertumbuhan vegetatif ke pertumbuhan generatif, yaitu suatu fase pertumbuhan tanaman padi membentuk primordia (bakal buah) yang kemudian akan menjadi bulir padi. Pada fase inilah, tanaman banyak sekali membutuhkan air. Air sangat dibutuhkan tanaman sebagai pelarut dari macam-macam zat hara yang terdapat dalam tanah agar mudah diserap oleh akar tanaman untuk disalurkan ke primordia (bakal buah). Kekurangan air pada waktu tersebut dapat menimbulkan matinya primordia (bakal buah), sehingga menyebabkan bakal bulir gabah akan banyak mengalami kekurangan makanan yang menyebabkan butir gabah banyak yang hampa.

Berat biji yang dihasilkan untuk setiap tanaman padi sangat tergantung dari banyaknya anakan serta kandungan Kalium dalam tanah, tetapi jika tanaman terlalu banyak menghasilkan anakan akan memperlambat proses pembentukan bulir padi yang disebabkan karena cadangan makanan digunakan dalam pembentukan anakan. Akan tetapi apabila tanaman padi tadi menghasilkan anakan yang banyak, maka produksi gabah yang dihasilkan juga lebih banyak dibandingkan dengan padi yang jumlah anakannya sedikit. Pada pelaksanaan penelitian ini, tanaman padi yang disiram dengan air lindi

menghasilkan jumlah anakan yang lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman yang dipupuk.

Pada Tabel 5 tanaman padi yang disiram dengan air lindi volume 500 ml dan 600 ml produksi gabahnya rendah. Ada beberapa faktor yang menyebabkan tanaman padi yang disiram dengan air lindi mempunyai hasil produksi lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang dipupuk.

#### 1. Pancaran Sinar Matahari

Sinar matahari yang diterima oleh tanaman padi sangat sedikit karena penelitian dilakukan dalam screen house, sehingga sinar matahari tidak bisa seluruhnya mengenai tanaman padi karena terhalang oleh penutup screen house, sehingga tanaman padi menjadi kekurangan sinar matahari yang digunakan untuk proses fotosintesis. Selain itu penelitian bersamaan dengan musim penghujan sehingga panas matahari tidak terjadi setiap hari.

#### 2. Kebocoran Reaktor

Kebocoran reaktor ini disebabkan karena media tanam dari kayu pecah sehingga air yang disiramkan langsung keluar dan tidak menggenang terlebih dahulu, selain itu media tanam tidak dilapisi plastik yang kedap air akibatnya air langsung keluar dan tanah menjadi cepat kering dan tanaman kekurangan air.

#### 3. Penyerapan Logam Berat

Kandungan logam berat dalam air lindi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman padi, diantaranya adalah pada produktivitas bulir padi. Tanaman yang diberi volume air lindi banyak akan menghasilkan bulir yang sedikit. Dari Gambar 4 terlihat bahwa tanaman dengan air lindi 500 ml dan 600 ml produktivitasnya paling

rendah. Hal ini disebabkan karena semakin banyak volume air lindi yang diberikan pada tanaman, maka logam berat dalam air lindi akan terakumulasi dalam tanah kemudian diserap oleh tanaman sehingga tanaman menjadi keracunan logam berat.

Sedangkan pada tanaman padi yang dipupuk menghasilkan gabah yang paling besar (18,7 gram) dibandingkan dengan tanaman yang disiram dengan air lindi (8,8 gram), walaupun padi yang diberi pupuk media tanamnya juga mengalami kebocoran.

#### **4.5.1 Penyerapan Unsur N**

Untuk mengetahui penyerapan unsur N oleh tanaman padi setelah disiram air lindi dilakukan analisa  $N_{\text{total}}$  terhadap tanah setelah disiram air lindi dan sebelum dilakukan penyiraman berikutnya. Analisa tanah untuk mengetahui kandungan unsur  $N_{\text{total}}$  dalam tanah dinyatakan dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  (semua unsur N dinyatakan dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$ ).

Air lindi mengandung N dalam bentuk N-organik,  $\text{N-NH}_4^+$  (N-amonium),  $\text{N-NO}_3^-$  (N-nitrat), dan  $\text{N-NO}_2^-$  (N-nitrit), jika disiramkan ke tanah akan menambah jumlah unsur N yang ada dalam tanah, karena dalam tanah itu sendiri mengandung N dalam bentuk N-organik, sedikit kemungkinan  $\text{NH}_4^+$ . Unsur N-organik ini berasal dari sisa-sisa jerami yang ditanam pada saat pengolahan tanah, sedangkan  $\text{N-NH}_4^+$  dari sisa-sisa pemupukan sebelumnya, tetapi hal ini kecil kemungkinannya karena N dalam bentuk mineral (anorganik) tidak dapat disimpan terlalu lama dalam tanah, karena tanah tidak dapat menyimpan N dalam bentuk N mineral (anorganik).

Penyerapan unsur N akan terjadi pada saat penyiraman air lindi ke-2 karena pada saat itu akar-akar pada benih padi mulai tumbuh dan melakukan fungsinya untuk menyerap air dalam tanah.

Sedangkan penyerapan unsur N yang besar akan terjadi setelah penyiraman air lindi ke-3, karena pada masa ini tanaman padi banyak membutuhkan unsur N untuk pertumbuhan vegetatifnya (untuk pertumbuhan tinggi tanaman dan penambahan anakan atau ruas), dan setelah penyiraman ke-4, penyerapan unsur N akan berkurang, karena pada masa ini tanaman padi mulai mengalami perubahan masa pertumbuhan, yaitu dari masa pertumbuhan vegetatif ke pertumbuhan generatif sehingga unsur yang banyak diperlukan adalah unsur P.

Setelah penyiraman air lindi, penurunan jumlah unsur N ini tidak mutlak akibat penyerapan oleh tanaman padi, namun kehilangan unsur N dalam tanah dapat disebabkan adanya pencucian akibat penyiraman (tercuci ke lapisan bawah) dan adanya aktivitas bakteri yang dapat menimbulkan denitrifikasi, ialah proses pelepasan N tanah ke udara yang terjadi dalam lingkungan anaerobik.

#### **4.5.2 Penyerapan Unsur P**

Analisa fosfat ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) terhadap tanah setelah disiram air lindi sampah dan sebelum dilakukan penyiraman berikutnya, digunakan untuk mengetahui penyerapan unsur P oleh tanaman padi.

Air lindi yang mengandung fosfat ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) jika disiramkan ke tanah, tentunya akan menambah jumlah unsur P dalam tanah. Karena pada sebelumnya tanah telah mengandung unsur P yang berasal dari pelonggokan sisa-sisa pupuk sebelumnya.

Hasil analisa  $\text{PO}_4^{-3}$  setelah penyiraman air lindi ke-1, P ada kemungkinan besar berasal dari sisa-sisa pelonggokan pupuk

sebelumnya. Penyiraman air lindi ke-1, seharusnya tidak terjadi penurunan jumlah P, karena pada saat benih padi berumur 1 minggu, kebutuhan unsur haranya masih tercukupi oleh kandungan zat dalam lembaganya.

Penyerapan unsur P dimulai setelah penyiraman ke-2, karena pada saat ini akar-akar benih padi mulai tumbuh dan melakukan fungsinya untuk menyerap air dalam tanah. Walaupun unsur P sangat dibutuhkan pada masa tanam padi memasuki pertumbuhan generatif, tetapi pada masa pertumbuhan vegetatif unsur P sangat membantu dalam perkembangan perakaran.

Berbeda dengan unsur N yang tidak disimpan dalam tanah dalam bentuk mineral, tetapi P dapat tersimpan lama dalam tanah karena daya adsorpsi tanah menahan anion  $\text{HPO}_4^-$ . Sehingga jika dilakukan pemberian unsur P ke dalam tanah, maka tanaman akan mengambil sesuai kebutuhannya (penyiraman air lindi ke tanah, maka  $\text{PO}_4^{-3}$  yang larut ini akan dihisap oleh tanaman).

Tetapi pada kenyataannya penyerapan unsur P hampir tidak mungkin terjadi pada tanaman padi hal ini dapat terjadi karena kandungan unsur P yang terdapat dalam air lindi sangat minim atau dapat dikatakan tidak ada, sehingga kebutuhan tanaman akan unsur P menjadi kurang atau tidak terpenuhi, akibatnya proses pertumbuhan tanaman menjadi terhambat dan selanjutnya berdampak juga pada terhambatnya proses kematangan bulir, jadi kebutuhan P pada tanaman padi hanya bergantung pada kandungan P yang terdapat dalam tanah, yang kandungan unsur P nya belum diketahui karena tidak dilakukan analisa awal terhadap kandungan unsur dalam tanah.

#### **4.5.3 Penyerapan Unsur K**

Analisa Kalium ( $K_2O$ ) terhadap tanah setelah disiram air lindi sampah dan sebelum dilakukan penyiraman berikutnya, digunakan untuk mengetahui penyerapan unsur K oleh tanaman padi.

Air lindi yang mengandung Kalium ( $K_2O$ ) jika disiramkan ke tanah, tentunya akan menambah jumlah unsur K dalam tanah. Karena pada sebelumnya tanah telah mengandung unsur K yang berasal dari pelonggokan sisa-sisa pupuk sebelumnya.

Pada penelitian ini, hasil analisa Kalium setelah penyiraman air lindi ke-1, P ada kemungkinan besar juga berasal dari sisa-sisa pelonggokan pupuk sebelumnya. Penyiraman air lindi ke-1, seharusnya tidak terjadi penurunan jumlah K, karena pada saat benih padi berumur 1 minggu, kebutuhan unsur haranya masih tercukupi oleh kandungan zat dalam lembaganya.

Penyerapan unsur K dimulai setelah penyiraman ke-2, karena pada saat ini akar-akar benih padi mulai tumbuh dan melakukan fungsinya untuk menyerap air dalam tanah.

Kalium adalah salah satu dari beberapa unsur utama yang diperlukan tanaman dan sangat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. Kalium sangat penting dalam setiap proses metabolisme dalam tanaman, yaitu dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium, kalium juga penting dalam proses fotosintesis, sebab apabila terjadi kekurangan kalium dalam daun, maka kecepatan asimilasi karbon dioksida ( $CO_2$ ) akan menurun. Selain itu kalium juga berperan membantu pembentukan protein dan karbohidrat, mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman, meningkatkan resistensi terhadap penyakit dan kualitas produksi.

#### **4.6 Penyerapan Logam Berat**

Analisa logam berat ini tidak semuanya dianalisisakan tetapi hanya unsur tertentu saja yang paling dominan yang terdapat dalam air lindi tersebut yang meliputi unsur (Mn, Fe, Cu, Mg dan Ca). Analisa logam berat terhadap tanah setelah disiram air lindi dan sebelum dilakukan penyiraman berikutnya, digunakan untuk mengetahui penyerapan logam berat oleh tanaman padi.

Menurut Enny Widyati yang dikutip dari (Semple, 2003) bahwa logam berat merupakan bahan beracun bagi tanaman. Air lindi yang telah mengandung logam berat jika disiramkan ke tanah, tentunya akan menambah jumlah unsur logam berat dalam tanah, yang dapat meracuni tanah dan tanaman apabila diserap dalam jumlah yang tinggi, sehingga dapat membahayakan manusia apabila nantinya padi tersebut dikonsumsi.

Hasil analisa logam berat setelah penyiraman air lindi ke-1, ada kemungkinan besar belum terjadi. Penyiraman air lindi ke-1, seharusnya tidak terjadi penyerapan logam berat, karena pada saat benih padi berumur 1 minggu, kebutuhan unsur haranya masih tercukupi oleh kandungan zat dalam lembaganya.

Penyerapan logam berat tersebut dimulai setelah penyiraman ke-2, karena pada saat ini akar-akar benih padi mulai tumbuh dan melakukan fungsinya untuk menyerap air dalam tanah.

Kandungan logam berat dalam padi pada masing-masing volume akan disajikan dibawah ini.

Tabel 6. Kandungan Logam Berat dalam Padi

Parameter	400 ml	500 ml	600 ml	SATUAN
Mangan (Mn)	3,10	4,26	4,98	mg/kg
Besi (Fe)	16,48	59,87	102,80	mg/kg
Tembaga (Cu)	659,83	693,52	766,80	mg/kg



Magnesium (Mg)	156,17	236,46	351,51	mg/kg
Calcium (Ca)	355,81	396,63	533,84	mg/kg

Sumber : Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya

Dari hasil analisa yang terdapat pada Tabel 6. diatas dapat dilihat bahwa unsur logam berat yang paling banyak diserap oleh tanaman adalah pada unsur Cu dan dibandingkan dengan unsur logam yang lain karena pada analisa awal kandungan Cu dalam air lindi juga menunjukkan nilai yang paling tinggi, sedangkan untuk tanaman padi yang paling banyak menyerap logam berat adalah air lindi dengan volume 600 ml hal ini disebabkan karena semakin banyak volume air lindi yang diberikan semakin banyak pula kandungan unsur logam yang diberikan pada tanaman akibatnya air lindi terakumulasi di dalam tanah karena penyiraman yang terus menerus dan akhirnya terserap oleh tanaman. Cu walaupun termasuk kedalam logam berat tetapi Cu berbeda dengan logam berat lain seperti Hg, Cr dan lain-lain. Cu termasuk kedalam logam esensial (diperlukan manusia), seperti Fe dan lain-lain unsur ini sangat dibutuhkan bagi manusia walaupun dalam jumlah sedikit. Akan tetapi dari hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan Cu dalam padi ini telah melewati nilai ambang batas yang diperbolehkan menurut Direktorat Jendral Pengawasan obat dan makanan, yaitu sebesar 10 mg/kg itu untuk nilai Cu. Keracunan yang diakibatkan oleh Cu ini adalah gangguan fungsi ginjal dan terhambatnya pertumbuhan manusia.

## V. PENUTUP

Hasil pengamatan terhadap tanaman padi yang disiram dengan menggunakan air lindi dengan konsentrasi tertentu maka diperoleh informasi bahwa : 1. Air lindi tidak dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman padi, karena dari hasil penelitian menunjukkan bahwa padi yang disiram dengan air lindi mengalami pertumbuhan yang cukup cepat akan tetapi keadaan fisik tidak sehat, hal ini disebabkan karena kandungan logam berat dalam air lindi mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi. Hal ini dapat dibuktikan bahwa dari hasil analisa diketahui bahwa dalam bulir padi terdapat kandungan logam berat yang cukup tinggi terutama unsur Cu. 2. Perbandingan antara tingkat pertumbuhan dan berat gabah diperoleh perbandingan adalah : a. Tinggi tanaman, dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanaman padi yang disiram air lindi lebih tinggi (104 cm) dibandingkan dengan tanaman padi yang dipupuk (91,5 cm). Hal ini disebabkan karena air lindi berbentuk cair sehingga mudah diserap oleh tanaman. b. Jumlah anakan, tanaman yang menghasilkan jumlah anakan yang paling banyak adalah tanaman padi yang diberi pupuk (24 buah) sedangkan tanaman padi yang disiram dengan air lindi (17 buah). Hal ini dikarenakan penanaman padi yang tidak seragam kedalamannya selain itu kandungan logam berat dalam air lindi yang cukup tinggi memberikan efek negatif pada tanaman padi sehingga proses pembentukan anakan menjadi terganggu. c. Berat gabah, tanaman yang menghasilkan gabah paling besar adalah

tanaman yang diberi pupuk (18,7 gram) sedangkan tanaman yang disiram dengan air lindi hanya (8,8 gram). Hal ini dipengaruhi oleh kandungan logam berat dalam air lindi yang cukup tinggi yang mengganggu proses produksi dan pematangan bulir. Ini terbukti karena ditemukan banyak bulir yang hampa.

Dari hasil analisa bulir padi diketahui bahwa kandungan logam beratnya cukup tinggi sebesar (766,80 mg/kg), sehingga padi ini sangat berbahaya untuk dikonsumsi manusia. Unsur yang terkandung paling besar pada bulir padi adalah unsur Cu, hal ini dikarenakan kandungan Cu dalam air lindi juga menunjukkan jumlah yang paling besar sehingga unsur inilah yang paling banyak diserap oleh tanaman.

Perlu dikaji kembali ketika terjadi perembesan air lindi sampai mengenai tanaman akan mengganggu kesehatan, lebih-lebih sampai terserap oleh tanaman padi karena diketahui bahwa padi yang terkena rembesan air air lindi biji padi mengandung logam berat. Apabila dikonsumsi kemungkinan dapat membahayakan kesehatan manusia. Dan juga Mengkaji kembali penggunaan pupuk cair air lindi sebagai pupuk organik dan pupuk daun yang disemprotkan pada daun tanaman hias.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisoemanto S. 1994, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Edisi ke-6, Erlangga. Jakarta.
- Agus H., 1997, *Pengaruh Nitrogen dan Klorida Air lindi Dari Lahan Urug Sampah Kota Terhadap Tanah dan Tanaman Padi Sawah (Oryza Sativa) Varietas IR-64 Sebagai Studi Kasus*.Departement of Environmental Engineering
- Alaerts, G, dan Sri Simestri. Santika, 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya. 309 halaman
- Dena N. H. 2004. *Skripsi Pengolahan Air lindi Dengan Menggunakan Enceng Gondok (Eichhornia crassipes)*. UPN "Veteran" Jatim. Surabaya. (Tidak Dipublikasikan)
- Dwijoseputro, 1998, *Dasar-dasar Mikrobiologi*, Edisi ke-13, Djambatan, Jakarta.
- Ehrig, H. J.,1993, *Quality and quantity of sanitary landfill air air lindi , Wastewater management research*. Vol : 1. no 1.
- E. S. Sarief, 1984, *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*, Serial Publikasi Fakultas Pertanian Unpad. Bandung.
- Heryando, P. 2004, *Pencemaran Logam Berat*, Cetakan Ke-2, PT. RINEKA CIPTA, Jakarta.
- Hidayat, A., dan M.Ismunadji, 1978, "*Pengaruh Pemupukkan Nitrogen Melalui Tanah dan Daun Terhadap Serapan Unsur Hara dan Produksi Kedele*", Laporan Kemajuan Penelitian Seri Fisiologi. No.9, L.P 3, Bogor.
- H.O.Buckman, Nyle. C. Brady, 1982, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, PT. Barata Karya Aksara.(Terjemahan oleh Soegiman)

- Lilik, Y.S. 1996. *Skripsi Uji Pemanfaatan Unsur N dan P dalam Limbah Tahu sebagai pupuk Pada Tanaman Padi (Oryza Sativa)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. (Tidak Dipublikasikan).
- Mul Mulyani S., 1992, *Pupuk dan Pemupukan*, RINEKA CIPTA, Jakarta.
- Nurhayati H. Dkk, 1986, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Universitas Lampung
- Tchobanoglous, 1981. *Environmental Engineering*, McGraw-Hill Book Company. halaman 37-47.

## LAMPIRAN

Hasil Analisa Kandungan Unsur Hara Dalam Air Air lindi

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL
1	Nitrogen (N)	mg/l	511,538
2	Phospor (P)	mg/l	1,354
3	Kalium (K)	mg/l	781,825
4	Calsium (Ca)	mg/l	46,50
5	Magnesium (Mg)	mg/l	43,20
6	Sulfida (S)	mg/l	0,000
7	Besi (Fe)	mg/l	25,235
8	Mangan (Mn)	mg/l	1,355
9	Seng (Zn)	mg/l	0,367
10	Tembaga (Cu)	mg/l	151,87

Hasil Analisa Kandungan Unsur Kimia dalam Bulir Padi

PARAMETER	400 ml	500 ml	600 ml	SATUAN
Nitrogen (N)	7,62	8,03	8,95	%
Phospor (P)	0,19	0,24	0,28	%
Kalium (K)	21,77	23,86	28,59	mg/kg
Mangan (Mn)	3,10	4,26	4,98	mg/kg
Besi (Fe)	16,48	59,87	102,80	mg/kg
Tembaga (Cu)	659,83	693,52	766,80	mg/kg
Magnesium (Mg)	156,17	236,46	351,51	mg/kg
Calsium (Ca)	355,81	396,63	533,84	mg/kg

Perhitungan Pemberian Air lindi Pada Tanaman Padi

\*  $1 \text{ Ha} = 10^8 \text{ cm}^2$

\* Jarak Tanam :  $(20 \times 20) \text{ cm}^2 = 400 \text{ cm}^2$

\*  $\Sigma \text{ populasi} : \frac{10^8}{4 \times 10^2} = \frac{10^6}{4} = 250.000 \text{ tanaman}$

\* 1 Ha lahan membutuhkan pupuk : 140 kg (NPK) = 140.000 gr dengan perbandingan (15 : 15 : 15) berdasarkan pupuk Rustica Yellow.

\* 1 tanaman :  $\frac{140.000}{250.000} = 0,56$  pembulatan = 0,6 gram per tanaman.

\* NPK diberikan 4 kali :

1. Penyiraman pertamal : 1 hari sebelum benih ditaburkan.
2. Penyiraman kedua : 1 minggu setelah benih ditaburkan
3. Penyiraman ketiga : 20 hari setelah tanam
4. Penyiraman keempat : 45 hari setelah tanam

\* Kandungan unsur NPK dalam air lindi :

$$N = 511,538 \text{ mg/lt}$$

$$P = 1,354 \text{ mg/lt}$$

$$K = 781,25 \text{ mg/lt}$$

\* 15 % dari Pupuk NPK 140 kg = 21 kg/ha

$$\begin{aligned} * 21 \text{ kg dalam bentuk } (\text{NH}_4^+) &= \frac{14}{18} \times 21 \text{ kg/ha} \\ &= 16,4 \text{ kg N/ha} \end{aligned}$$

\*  $511,538 \text{ mg} \times (X) = 16,4 \text{ kg}$

$$X = \frac{16.400.000 \text{ mg}}{511,538 \text{ mg / lt}}$$

$$= 32.060,179 \text{ liter} \rightarrow \text{jadi } 16,4 \text{ kg N setara dengan } 32.060,179 \text{ liter air lindi.}$$

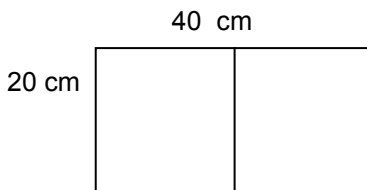
\*  $\Sigma$  Populasi (1 ha) = 250.000 tanaman

1 Ha butuh air lindi = 32.060,179 liter air lindi

$$1 \text{ tanaman butuh air lindi} = \frac{32.060.179 \text{ ml}}{250.000} \times 1 \text{ ml}$$

$$= 128 \text{ ml} = 0,128 \text{ liter}$$

jadi 0,6 gram NPK setara dengan 128 ml air lindi



$$* \text{ Jumlah rumpun} = \frac{\text{Luas petak}}{\text{Jarak tanam}} = \frac{800 \text{ cm}^2}{(20 \times 20) \text{ cm}} = 2 \text{ rumpun}$$

tanaman

\* 1 bedeng/petak mempunyai luas =  $800 \text{ cm}^2$  dengan jumlah 2 titik tanam. Setiap 1 titik tanam terdapat 2 rumpun tanaman padi.

\* Kebutuhan air lindi untuk tanaman padi dalam 1 bedengan  
jumlah rumpun x jumlah kebutuhan air lindi per tanaman

$$= (2 \times 2) \times 128 \text{ ml}$$

$$= 4 \times 128 \text{ ml}$$

$$= 512 \text{ ml}$$

$$= 0,5 \text{ liter air lindi}$$

\* Keterangan :

1. Bak I: Pupuk NPK (15 : 15 : 15) sebanyak (4 x 0,6 gram)  
= 2,4 gram tiap bedengan.

2. Bak II: Tanaman padi yang disiram air lindi dengan volume  
= 0,4 liter

3. Bak III: Tanaman padi yang disiram air lindi dengan volume  
= 0,5 liter

4. Bak IV: Tanaman padi yang disiram air lindi dengan volume



= 0,6 liter

Tabel Tinggi Tanaman Padi dari Minggu ke-1 sampai Minggu ke-16

Minggu Ke-	Air lindi 400	Air lindi 500	Air lindi 600	NPK
1	13,4	13,7	14,1	12,9
2	23,4	21,3	23,8	12,9
3	26,5	24,8	28,0	23,1
4	26,6	25,2	28,3	23,3
5	34,8	29,1	33,4	31,8
6	43,3	43,7	45,6	40,9
7	55,9	57,0	58,4	50,6
8	65,2	66,8	69,7	59,9
9	73,5	77,1	77,9	64,9
10	78,2	80,5	82,8	66,3
11	83,1	85,1	83,4	73,5
12	86,9	86,8	86,1	80,0
13	90,8	89,0	88,9	85,2
14	92,3	91,5	90,1	87,5
15	93,5	92,7	91,8	88,5
16	104,0	103,5	102,5	91,5

Tabel Berat Bulir Yang Dihasilkan Pada Tanaman Yang Disiram Air lindi dan Pemberian Pupuk.

Volume Air lindi (ml)	Berat Bulir Padi (gr)
NPK	18,7
400	8,8
500	6,9
600	6,9

Tabel Banyak Ruas Tanaman Padi

Minggu ke-	Air lindi 400	Air lindi 500	Air lindi 600	NPK
0	0	0	0	0
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	8	6	7	5
7	15	10	11	9
8	18	12	14	10
9	20	13	16	15
10	21	15	17	18
11	21	15	17	19
12	21	15	17	21
13	22	16	18	22
14	22	16	18	22
15	22	16	18	22
16	23	17	19	24