



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI KINERJA LINGKUNGAN  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR SAMPAH (IPAS) IV  
TPST BANTARGEBAK**

**With a Summary in English**

***Evaluation of Environment Efficiency  
for Leachate Treatment Plant in IPAS IV TPST Bantargebak***

**Kristianti Utomo**

NPM: 0706308811

**JENJANG MAGISTER  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, DESEMBER 2009**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS INDONESIA**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI KINERJA LINGKUNGAN  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR SAMPAH (IPAS) IV  
TPST BANTARGEBAH**

**Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar**

**MAGISTER DALAM ILMU LINGKUNGAN**

**Kristianti Utomo  
NPM: 0706308811**

**JENJANG MAGISTER  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, DESEMBER 2009**

## Halaman Pengesahan Tesis

Judul Tesis: **EVALUASI KINERJA LINGKUNGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR SAMPAH (IPAS) IV TPST BANTARGEBAK**

**Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh Komisi Penguji Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Indonesia pada 17 Desember 2009 dan telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan Yudisium sangat memuaskan.**

Jakarta, Desember 2009

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Ilmu Lingkungan



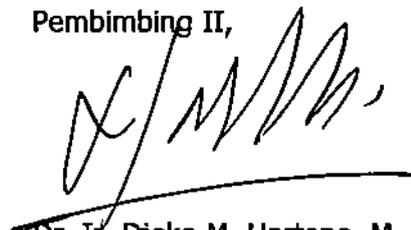
Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Tim Pembimbing  
Pembimbing I,



Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Pembimbing II,



Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng

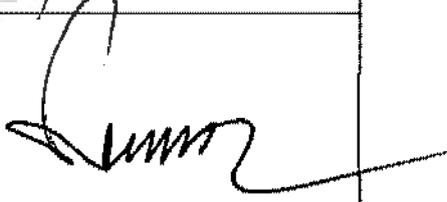
## Halaman Pengesahan Komisi Penguji

Nama : Kristianti Utomo

NPM/Angkatan: 0706308811/26B

Kekhususan : Proteksi Lingkungan

Judul Tesis : Evaluasi Kinerja Lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang

No	Nama Lengkap & Gelar Akademik	Keterangan	Tanda Tangan
1.	Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA	Ketua Sidang	
2.	Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi	Sekretaris Sidang	
3.	Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA	Pembimbing I	
4.	Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng	Pembimbing II	
5.	Prof. dr. Haryoto Kusnoputranto, SKM, Dr.PH	Penguji Ahli	
6.	Prof. Dr. Ir. Roekmijati W. Soemantojo, MSi	Penguji Ahli	

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- Nama : Kristianti Utomo
- Tempat, Tanggal Lahir : Semarang, 24 Mei 1984
- Pendidikan :
- 1996, Lulus SD Negeri Kedungmundu 03 Semarang
  - 1999, Lulus SMP Negeri 8 Semarang
  - 2002, Lulus SMU Negeri 1 Semarang
  - 2006, Lulus Sarjana Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini merupakan penguangan hasil penelitian yang berjudul **Evaluasi Kinerja Lingkungan Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang**.

Penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan untuk mencapai gelar Magister Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Indonesia.

Dengan selesainya tesis ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA selaku pembimbing I juga selaku Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penulisan tesis ini,
2. Bapak Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M.Eng selaku pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penulisan tesis ini,
3. Bapak Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi, yang telah meluangkan waktunya kepada penulis sebagai tempat bertanya dan berdiskusi dalam penulisan tesis ini,
4. Staf Laboratorium Air Perusahaan Daerah Pengolahan Air Limbah (PDPAL) Jaya, yang telah membantu dalam penelitian di laboratorium,
5. Bapak Ir. August P.L. Toruan beserta staf, yang telah banyak memberikan informasi selama penelitian di Bantargebang,
6. Rekan-rekan angkatan 26B Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan-UI, yang banyak memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis,
7. Kedua orang tua dan mertua yang selalu mendoakan,
8. Suami tercinta Ridho Sukmana Yusuf, yang selalu membantu, berdiskusi, dan memberikan motivasi dan semangat.

Penulis menyadari bahwa banyak kelemahan dan kekurangan dalam tesis ini, untuk itu penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang

membangun guna perbaikan. Akhirnya dengan mengucapkan terima kasih yang sangat besar penulis haturkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan hingga selesainya tesis ini.

Jakarta, Desember 2009

Penulis,

Kristianti Utomo



## DAFTAR ISI

	HALAMAN
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR/GRAFIK.....	viii
DAFTAR SINGKATAN .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
RINGKASAN .....	xiv
<i>SUMMARY</i> .....	xvii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	
2.1. Kerangka Teoretik .....	5
2.1.1. Sampah.....	5
2.1.2. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah.....	7
2.1.3. Sanitary <i>Landfill</i> (Lahan Urug Saniter) .....	8
2.1.4. Lindi.....	12
2.1.5. Kualitas Lindi .....	16
2.1.6. Pengelolaan Lindi.....	20
2.1.7. Pengolahan Lindi.....	23
2.1.8. Kualitas Air .....	44
2.1.9. Dampak TPA terhadap Kesehatan Masyarakat.....	54
2.2. Kerangka Berpikir .....	56
2.3. Kerangka Konsep.....	58

**3. METODE PENELITIAN**

3.1. Pendekatan Penelitian.....	59
3.2. Lokasi, Waktu, dan Tahapan Penelitian .....	59
3.2.1. Lokasi Pengambilan Sampel.....	60
3.2.2. Waktu Pengambilan Sampel .....	64
3.2.3. Tahapan Penelitian .....	64
3.3. Data Penelitian .....	66
3.3.1. Metode Pengumpulan Data.....	68
3.3.2. Metode Analisis Data .....	68

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Keterbatasan Penelitian.....	71
4.2. Kondisi Umum Daerah Penelitian .....	71
4.2.1. Kondisi Geografis TPST Bantar Gebang.....	71
4.2.2. Keadaan Topografi TPST Bantar Gebang .....	73
4.2.3. Keadaan Klimatologi TPST Bantar Gebang .....	75
4.2.4. Tata Guna Lahan.....	77
4.2.5. Pengelolaan Sampah di TPST Bantar Gebang.....	78
4.2.6. Pengolahan Lindi TPST Bantar Gebang.....	80
4.2.7. Kondisi Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat.....	82
4.2.8. Kondisi Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan.....	85
4.3. Evaluasi Kinerja IPAS IV TPST Bantar Gebang.....	88
4.3.1. Kondisi IPAS IV TPST Bantar Gebang Eksisting.....	88
4.3.2. Debit.....	94
4.3.3. Waktu Tinggal.....	95
4.3.4. Beban Pencemar.....	95
4.3.5. Kualitas Lindi IPAS IV TPST Bantargebang.....	95
4.3.6. Evaluasi terhadap Efisiensi Penurunan Zat Pencemar.....	100
4.4. Pengaruh Lindi terhadap Kualitas Air (Air Sumur dan Air Sungai).....	107
4.4.1. Suhu.....	110
4.4.2. Suspended Solid (Padatan Tersuspensi).....	111
4.4.3. pH.....	116

4.4.4. Ammonia.....	119
4.4.5. Nitrat (NO <sub>3</sub> ).....	122
4.4.6. Nitrit (NO <sub>2</sub> ).....	126
4.4.7. COD.....	130
4.4.8. BOD.....	131
4.4.9. Besi (Fe).....	133
4.5. Rekomendasi Perbaikan.....	136
4.5.1. Rekomendasi Perbaikan Unit Pengolahan Lindi.....	136
4.5.2. Rekomendasi Perbaikan Sistem Lingkungan.....	137
<b>5. KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	138
5.2. Saran.....	139
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

Tabel 1.	Komposisi dan Karakteristik Sampah.....	6
Tabel 2.	Data Tipikal Komposisi Lindi dari Lahan Urug Saniter Baru dan Lahan Urug Saniter Matang/Lama.....	17
Tabel 3.	Gambaran Variasi Kualitas Lindi dari Beberapa TPA.....	19
Tabel 4.	Penentuan Rencana Pengolahan Lindi .....	28
Tabel 5.	Hubungan Diameter dan Kedalaman Pengendapan.....	33
Tabel 6.	Parameter Desain untuk Proses Anaerob .....	39
Tabel 7.	Parameter Desain untuk Kolam Aerob dan Kolam Fakultatif.....	41
Tabel 8.	Kriteria Desain Kolam Aerasi .....	42
Tabel 9.	Parameter Desain Denitrifikasi .....	43
Tabel 10.	Penyakit Bawaan Sampah.....	55
Tabel 11.	Data yang Diperlukan dalam Penelitian.....	67
Tabel 12.	Data dan Metode untuk Mencapai Tujuan Penelitian .....	68
Tabel 13.	Metode Pengukuran Parameter Fisika/Kimia .....	70
Tabel 14.	Pembagian Zona di TPST Bantar Gebang .....	73
Tabel 15.	Data Klimatologi Rerata Bulanan Tahun 2008.....	76
Tabel 16.	Data Jenis Penyakit yang Diderita Masyarakat di Sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu .....	87
Tabel 17.	Kualitas Lindi Inlet dan Outlet IPAS IV TPST Bantar Gebang.....	96
Tabel 18.	Hasil Pengukuran Kualitas Lindi pada Masing-masing Unit Pengolahan IPAS IV TPST Bantar Gebang .....	101
Tabel 19.	Tingkat Penyisihan SS .....	102
Tabel 20.	Tingkat Penyisihan BOD .....	103
Tabel 21.	Tingkat Penyisihan COD .....	103
Tabel 22.	Tingkat Penyisihan Ammonia .....	104
Tabel 23.	Tingkat Penyisihan Nitrat.....	105
Tabel 24.	Tingkat Penyisihan Nitrit.....	106

## HALAMAN

Tabel 25.	Hasil Pengukuran Parameter Suhu pada Air Sungai.....	110
Tabel 26.	Hasil Pengukuran Parameter Suhu pada Air Sumur.....	111
Tabel 27.	Hasil Pengukuran Parameter SS pada Air Sungai .....	112
Tabel 28.	Hasil Pengukuran Parameter SS pada Air Sumur.....	114
Tabel 29.	Hasil Pengukuran Parameter pH pada Air Sungai.....	117
Tabel 30.	Hasil Pengukuran Parameter pH pada Air Sumur .....	118
Tabel 31.	Hasil Pengukuran Parameter Ammonia pada Air Sungai .....	120
Tabel 32.	Hasil Pengukuran Parameter Ammonia pada Air Sumur.....	121
Tabel 33.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrat pada Air Sungai.....	123
Tabel 34.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrat pada Air Sumur .....	124
Tabel 35.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrit pada Air Sungai.....	127
Tabel 36.	Hasil Pengukuran Parameter Nitrit pada Air Sumur .....	128
Tabel 37.	Hasil Pengukuran Parameter COD pada Air Sungai .....	130
Tabel 38.	Hasil Pengukuran Parameter BOD pada Air Sungai .....	131
Tabel 39.	Hasil Pengukuran Parameter Besi pada Air Sungai.....	134
Tabel 40.	Hasil Pengukuran Parameter Besi pada Air Sumur .....	134

## DAFTAR GAMBAR

### HALAMAN

Gambar 1.	Karakteristik Sampah Kota Jakarta .....	6
Gambar 2.	Dampak Buruk Limbah Sampah dari <i>Sanitary Landfill</i> .....	11
Gambar 3.	Keseimbangan Air dalam Suatu Lahan Urug.....	15
Gambar 4.	Neraca Air pada Proses Pembentukan Lindi.....	15
Gambar 5.	Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Pembentukan Lindi.....	16
Gambar 6.	Pergerakan Lindi pada Lapisan Permeabel .....	20
Gambar 7.	Pergerakan Lindi pada Lapisan Impermeabel .....	20
Gambar 8.	Pergerakan Lindi pada Batuan yang Mengalami Retakan.....	20
Gambar 9.	Proses Pengolahan Alamiah di Kolam Stabilisasi .....	26
Gambar 10.	Tipe Ekualisasi <i>In-line</i> dan <i>Off-line</i> .....	31
Gambar 11.	Mekanisme Terjadinya Koagulasi dan Flokulasi.....	32
Gambar 12.	Mekanisme Penguraian Zat Organik pada Proses Biologi Anaerob .....	37
Gambar 13.	Mekanisme Proses Denitrifikasi .....	44
Gambar 14.	Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Lindi (Inlet) IPAS IV TPST Bantar Gebang .....	60
Gambar 15.	Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Lindi (Outlet) IPAS IV TPST Bantar Gebang.....	60
Gambar 16.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Sebelum Memasuki Wilayah IPAS IV TPST Bantar Gebang (Sungai 1).....	61
Gambar 17.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Gabungan Lindi yang Sudah Diolah dan Lindi yang Belum Diolah (Sungai 2).....	61
Gambar 18.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Sebelum Bercampur dengan Outlet IPAS II TPST Bantar Gebang (Sungai 3).....	62
Gambar 19.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Gabungan Antara Sungai 2 dan Outlet IPAS II TPST Bantar Gebang (Sungai 3).....	62
Gambar 20.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai, Air Sumur, dan Lindi pada IPAS IV TPST Bantar Gebang .....	64
Gambar 21.	Tahapan Penelitian .....	65

Gambar 22.	Peta Lokasi TPST Bantar Gebang .....	71
Gambar 23.	Pembagian Zona TPST Bantar Gebang.....	72
Gambar 24.	Potongan Struktur Tanah.....	74
Gambar 25.	Mekanisme Pengelolaan Sampah di TPST Bantar Gebang.....	79
Gambar 26.	Peta Lokasi IPAS di TPST Bantar Gebang .....	82
Gambar 27.	Layout IPAS IV TPST Bantar Gebang .....	88
Gambar 28.	Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air (Air Sumur dan Air Sungai).....	108
Gambar 29.	Lokasi Pengambilan Sampel Parameter SS .....	113
Gambar 30.	Lokasi Pengambilan Sampel Parameter pH.....	116
Gambar 31.	Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Ammonia .....	119
Gambar 32.	Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Nitrat.....	122
Gambar 33.	Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Nitrit.....	126
Gambar 34.	Lokasi Pengambilan Sampel untuk Parameter COD.....	130
Gambar 35.	Lokasi Pengambilan Sampel untuk Parameter BOD .....	132
Gambar 36.	Lokasi Pengambilan Sampel untuk Parameter Besi.....	133

## DAFTAR SINGKATAN



BOD	: Biochemical Oxygen Demand
Ca	: Kalsium
Cl	: Klorida
COD	: Chemical Oxygen Demand
Co	: Kobalt
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksida
Cu	: Cuprum
Fe	: Ferro
IPAS	: Instalasi Pengolahan Air Sampah
K	: Kalium
Mg	: Magnesium
Mn	: Mangan
N	: Nitrogen
Na	: Natrium
Ni	: Nikel
P	: Phosphor
pH	: power of Hydrogen (derajat keasaman)
S	: Sulfur
Se	: Selenium
SS	: Suspended Solid
TPA	: Tempat Pembuangan Akhir
TPST	: Tempat Pembuangan Sampah Terpadu
Zn	: Seng

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.
- Lampiran 2. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Lampiran 3. Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Lampiran 4. Contoh Kuesioner
- Lampiran 5. Contoh Analisis Hasil Regresi

## ABSTRAK

*Pengelolaan sampah perkotaan di Indonesia tidak dapat lepas dari peran Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Salah satu TPA sampah yang menerapkan sistem sanitary landfill adalah TPST Bantargebang. Perencanaan TPST Bantargebang sudah sesuai dengan prosedur perlakuan landfill, namun pemeliharaan dan monitoring yang dilaksanakan pengelola TPST belum sempurna karena lindi masih keluar dari lingkungan TPST. Peningkatan kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang sangat diperlukan sehingga effluen yang dihasilkan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dan dampak yang ditimbulkan ke lingkungan dapat diminimalkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja IPAS IV dalam hal mengolah lindi; menganalisis pengaruh lindi pada kualitas air sumur penduduk; menganalisis pengaruh lindi pada Sungai Ciketing-Sumur Batu. Penelitian untuk mengetahui kualitas lindi dan efisiensi bak pengolahan lindi dilakukan di inlet, outlet, dan masing-masing bak yang ada di IPAS IV. Penelitian untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sungai dilakukan di sepanjang Kali Ciketing dan Kali Sumur Batu. Penelitian untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sumur penduduk dilakukan dengan pengambilan sampel sumur penduduk yang masih digunakan penduduk untuk keperluan sehari-hari dan berada di sekitar lokasi TPST Bantargebang. Hasil perhitungan menunjukkan persentase penyisihan yang dicapai oleh IPAS IV untuk beberapa parameter kunci masih belum optimal, yaitu SS sebesar 43,78%, COD sebesar 78%, BOD sebesar 76,2%, dan ammonia sebesar 96,06%. Parameter utama yang lain, misalnya nitrit, nitrat, dan besi setelah pengolahan di IPAS IV nilainya bertambah besar. Parameter utama lindi yang mencemari air sungai adalah SS, nitrat, nitrit, COD, dan BOD. Parameter utama lindi yang mencemari air sumur adalah SS, pH, nitrat, dan besi. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Kinerja pengolahan IPAS IV TPST Bantargebang masih belum optimal.*

*Kata kunci: Lindi, TPST Bantargebang, IPAS IV, air sumur, air sungai, evaluasi kinerja lingkungan*

## ABSTRACK

*Treatment system of urban waste in Indonesia related to Municipal Waste Disposal Site (MWDS). One of MWDS that used sanitary landfill system is MWDS Bantargebang. MWDS Bantargebang planning has been same with landfill procedure, but maintenance and monitoring by MWDS manager does not good because leachate still goes out of MWDS area that will be impacted to stream water quality and soil water quality in around MWDS. Considering the bad impact that was caused, the improvement environment efficiency of leachate treatment plant (LTP) IV is really needed, so effluent that was produced could pass the standard of quality that was determined and the impact could minimized. The goals of this thesis are to know the efficiency of Leachate Treatment Plant IV MWDS Bantargebang to threat leachate, to analyze the impact of leachate for soil water quality especially ground water in around MWDS Bantargebang, and to analyze the impact of leachate for stream water quality (Ciketing-Sumur Batu River). The researches of leachate quality and the leachate treatment units efficiency located in inlet, outlet, and each unit in Leachate Treatment Plant IV MWDS Bantargebang. The research of leachate impact to stream water quality located in throughout Ciketing and Sumur Batu River. The research of leachate impact to soil water quality especially ground water by doing take a ground water sample that still in used for dally purpose and located in around MWDS Bantargebang. Calculation result shown the percentage of elimination that was reached by LTP IV for several key parameters still not yet optimal, such as SS is 43,78%, COD is 77,9%, BOD is 76,2%, and ammonia is 96,05%. The value of the other parameter, such as nitrit, nitrate, and ferro became increased after treated in LTP IV. The main leachate parameter that pollute the stream water are SS, nitrate, nitrit, COD, and BOD. The main leachate parameters that pollute the ground water are SS, pH, nitrate, and ferro. The conclusions of this research are the Leachate Treatment Plant IV efficiency is still not yet optimized. LTP IV cannot decline pollutant load as expected due to lack of installation support to the leachate load.*

**Key words:** *Leachate, TPST Bantargebang, ground water, stream water, evaluation of environment efficiency*

## RINGKASAN

**Program Studi Ilmu Lingkungan  
Program Pascasarjana Universitas Indonesia  
Tesis, Desember 2009**

- A. Nama : Kristianti Utomo  
B. Judul Tesis : Evaluasi Kinerja Lingkungan Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang  
C. Jumlah Halaman : Halaman permulaan, xix, halaman isi, 142; Ilustrasi: Gambar, 36, Tabel, 40, Lampiran, 5.  
D. Isi Ringkasan :

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Secara tidak langsung, persoalan sampah berakibat pada pencemaran lingkungan baik air, tanah maupun udara di wilayah perkotaan. Apabila volume sampah yang besar dan beranekaragam jenisnya tidak dikelola dengan benar, maka berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, antara lain dapat menimbulkan pencemaran air oleh *leachate* (lindi) yang keluar dari tumpukan sampah dan mengalir menuju badan perairan ataupun meresap ke dalam tanah.

Salah satu TPA sampah yang menerapkan sistem *sanitary landfill* adalah TPST Bantargebang. Perencanaan TPST Bantargebang sudah sesuai dengan prosedur perlakuan *landfill*, namun pemeliharaan dan monitoring yang dilaksanakan pengelola TPST belum sempurna karena sampah dibiarkan terbuka sehingga lindi masih keluar dari lingkungan TPST yang akhirnya mempengaruhi kualitas air permukaan dan air tanah di sekitar TPST. Melihat kondisi yang ada, lindi harus dikelola karena berpotensi mencemari lingkungan. Peningkatan kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang sangat diperlukan sehingga effluen yang dihasilkan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dan dampak yang ditimbulkan ke lingkungan dapat diminimalkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang dalam mengolah lindi, menganalisis pengaruh lindi pada kualitas air tanah khususnya air sumur penduduk di sekitar TPST Bantargebang, dan menganalisis pengaruh lindi pada kualitas badan sungai (Sungai Ciketing-Sumur Batu).

Penelitian tentang evaluasi kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang menggunakan pendekatan kuantitatif. Bentuk penelitiannya adalah penelitian *Ex Post Facto*, yaitu suatu bentuk penelitian yang mengamati dampak/akibat yang ditimbulkan oleh lindi yang telah terjadi sebelumnya.

Penelitian lapangan untuk mengetahui kualitas lindi dan efisiensi bak pengolahan lindi dilakukan di inlet, outlet, dan masing-masing bak yang ada di IPAS IV TPST Bantargebang. Penelitian lapangan untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sungai dilakukan di sepanjang Kali Ciketing dan Kali Sumur Batu. Penelitian lapangan untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sumur penduduk dilakukan dengan pengambilan sampel sumur penduduk yang masih digunakan penduduk untuk keperluan sehari-hari dan berada di sekitar lokasi TPST Bantargebang. Penelitian ini dibatasi oleh ketersediaan data dari Dinas Kebersihan DKI Jakarta dan Pengelola TPST Bantargebang yang mungkin untuk dipublikasikan, serta waktu penelitian hanya dibatasi pada musim kemarau.

Hasil perhitungan menunjukkan persentase penyisihan yang dicapai oleh IPAS IV untuk beberapa parameter kunci masih belum optimal, yaitu SS sebesar 43,78%, COD sebesar 78%, BOD sebesar 76,2%, dan ammonia sebesar 96,06%. Parameter utama yang lain, misalnya nitrit, nitrat, dan besi setelah pengolahan di IPAS IV nilainya bertambah besar. Parameter utama lindi yang mencemari air sungai adalah SS, nitrat, nitrit, COD, dan BOD. Sungai yang kualitas airnya paling buruk adalah sungai 5. Hal ini diduga akibat effluen limbah dari TPA Bekasi. Parameter utama lindi yang mencemari air sumur adalah SS, pH, nitrat, dan besi. Air sumur yang kualitasnya paling buruk adalah sumur 1 dan sumur 3. Hal ini diduga akibat penguraian bahan organik dari penumpukan sampah di sekitar sumur penduduk.

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja pengolahan IPAS IV TPST Bantargebang masih belum optimal. Dari hasil penelitian terlihat bahwa persentase penyisihan yang dicapai oleh IPAS IV untuk beberapa parameter kunci (yaitu: COD, BOD, ammonia, nitrit, dan nitrat) masih rendah. Efluen lindi yang tidak memenuhi baku mutu apabila dibuang ke badan air penerima (sungai), akan menyebabkan penurunan kualitas air baik air sungai maupun air sumur sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya. Tidak berhasilnya IPAS IV menurunkan beban pencemar seperti yang diharapkan karena kurangnya daya dukung instalasi terhadap beban lindi yang masuk.
2. Berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia air, diketahui bahwa parameter SS, pH, nitrat, dan besi yang terkandung dalam air sumur telah melampaui baku mutu berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Air sumur yang kualitasnya paling buruk adalah sumur 1 dan sumur 3. Hal ini diduga akibat penguraian bahan organik dari penumpukan sampah di sekitar sumur penduduk. Dari hasil analisis regresi, dapat diketahui bahwa pencemaran sumur dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya kondisi lingkungan tempat tinggal penduduk yang banyak terdapat tumpukan sampah hasil pulungan.
3. Berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia air, diketahui bahwa parameter SS, COD, BOD, nitrit, dan nitrat air sungai telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sungai yang kualitas efluennya paling buruk adalah sungai 5. Hal ini diduga akibat efluen limbah dari TPA Bekasi.

Rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang meliputi perbaikan unit pengolahan lindi dan perbaikan sistem lingkungan.

E. Daftar Kepustakaan: 52 (1970-2008)

## SUMMARY

**Programme of Study in Environmental Sciences  
Postgraduate Programme University of Indonesia  
Thesis, Desember, 2009**

- A. Name : Kristianti Utomo  
B. Thesis Title : Evaluation of Environment Efficiency for Leachate Treatment Plant in IPAS IV TPST Bantargebang  
C. Number of Page : xix+142; illustration: 36 figures, 40 tables, 5 appendix  
D. Content of Summary :

Increasing number of populations and alteration population consumption term has made increasing volume, type, and waste characteristic became more various. Indirectly, the waste was impacted to environment pollution such as water pollution, soil pollution and air pollution in urban area. If the huge waste volume and the various type didn't maintain well, then it will be potential cause many environment problem, such as water pollution by leachate that out of waste pile and drain to the stream or infiltrate into the soil.

One of Municipal Waste Disposal Site that used sanitary landfill system is Municipal Waste Disposal Site (MWDS) Bantargebang. MWDS Bantargebang planning has been same with landfill procedure, but maintenance and monitoring by MWDS manager doesn't good because leachate still goes out of MWDS area that will be impacted to stream water quality and soil water quality in around MWDS. In the current condition, leachate must be managed because potentially polluted the environment. Considering the bad impact that was caused, the improvement of environment efficiency for Leachate Treatment Plant IV is really needed, so effluent that was produced could pass the standard of quality that was determined and the impact could minimized.

The goals of this thesis are to know the efficiency of Leachate Treatment Plant (LTP) IV MWDS Bantargebang to threat leachate, to analyze the impact of leachate

for soil water quality especially ground water in around MWDS Bantargebang, and to analyze the impact of leachate for stream water quality (Ciketing-Sumur Batu River).

The research evaluation of environment efficiency for leachate treatment plant in LTP IV TPST Bantargebang used quantitative method. The research type is *Ex Post Facto* research, i.e research type that monitors the impact of leachate that happens before.

The researches of leachate quality and the leachate treatment units efficiency located in inlet, outlet, and each unit in Leachate Treatment Plant IV MWDS Bantargebang. The research of leachate impact to stream water quality located in throughout Ciketing and Sumur Batu River. The research of leachate impact to soil water quality especially ground water by doing take a ground water sample that still in used for daily purpose and located in around MWDS Bantargebang.

The limits of this research are limited data from Department of Cleansing DKI Jakarta and MWDS Bantargebang managerial that possible to published, and research time just on dry season.

Calculation result shown the percentage of elimination that was reached by LTP IV for several key parameters still not yet optimal, such as SS is 43,78%, COD is 77,9%, BOD is 76,2%, and ammonia is 96,06%. The value of the other parameter, such as nitrit, nitrate, and ferro became increased after treated in LTP IV. The main leachate parameters that pollute the stream water are SS, nitrate, nitrit, COD, and BOD. The river that has the worst quality is 5<sup>th</sup> River. This was expected due to wastewater effluent from MWDS Bekasi. The main leachate parameters that pollute the ground water are SS, pH, nitrate, and ferro. The ground water that have worst quality are 1<sup>st</sup> ground water and 3<sup>rd</sup> ground water. This was expected due to organic matter decomposition from the waste fertilization in around the well.

The conclusions of this research are:

1. The Leachate Treatment Plant IV efficiency is still not yet optimized. Calculation result shown the percentage of elimination that was reached by

LTP IV for several key parameters is still not yet optimal, such as COD, BOD, ammonia, nitrit, and nitrate. The leachate effluent that did not pass the standard if being thrown away to the river would be cause the decline of water quality, both the stream water and ground water, so it doesn't accordance with its allocation. LTP IV cannot decline pollutant load as expected due to lack of installation support to the leachate load.

2. Based on the physical and chemical parameters analysis of water, it known that concentrates polluter (i.e. SS, pH, nitrate, and ferro) in ground water has been pass the standard based on PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 about terms and monitoring water quality. The ground water that has worst quality are 1<sup>st</sup> ground water and 3<sup>rd</sup> ground water. From the regression result, it known that the ground pollution possible caused by other factors, such as neighborhood condition that there is a lot of waste piles as a scavenging results.
3. Based on the physical and chemical parameters analysis of water, it known that concentrates polluter (i.e. SS, nitrate, COD, BOD, and nitrit) in stream water that pass the standard based on PP No. 82 Tahun 2001 about water quality management and water pollution control. The river that has the worst quality is 5<sup>th</sup> River. This was expected due to wastewater effluent from MWDS Bekasi.

Improvement recommendations that possible to improve the efficiency of leachate treatment in LTP IV MWDS Bantargebang are improve the leachate treatment units and the environment system.

E. Reference: 52 (1970-2008)

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Sampah menjadi masalah karena mengotori dan mengganggu keindahan serta kenyamanan manusia, dan karena ditimbulkan oleh kegiatan manusia akibatnya sampah akan selalu muncul dalam keseharian hidup manusia. Secara tidak langsung, persoalan sampah berakibat pada pencemaran lingkungan baik air, tanah maupun udara di wilayah perkotaan. Apabila volume sampah yang besar dan beranekaragam jenisnya tidak dikelola dengan benar, maka berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan yang kompleks dan serius, antara lain dapat menimbulkan pencemaran air oleh *leachate* (lindi) yang keluar dari tumpukan sampah dan mengalir menuju badan perairan ataupun meresap ke dalam tanah.

Menurut Bebasari (2006), sistem pengelolaan sampah perkotaan di Indonesia tidak dapat lepas dari peran Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah karena masalah umum yang muncul di berbagai kota terkait dengan masalah sampah sebagian besar berkaitan dengan masalah TPA. Pengelolaan sampah di TPA pada umumnya ada dua jenis yaitu *sanitary landfill* (sampah yang dibuang dikelilingi dan ditutup dengan material yang kedap air) dan *open dumping* (sampah yang dibuang dibiarkan begitu saja di atas tanah). Di Indonesia, kebanyakan TPA dibangun berdasarkan perpaduan antara kedua jenis tersebut. Pada awalnya sampah dikelola secara *open dumping* untuk suatu periode waktu tertentu, baru kemudian dilanjutkan dengan *sanitary landfill* (lahan urug saniter). Ada juga yang terjadi sebaliknya, TPA yang pada awalnya direncanakan akan dioperasikan secara lahan urug saniter, namun karena adanya keterbatasan dari pengelola maka sampah tersebut hanya ditimbun tanpa perlakuan sedikitpun.

Salah satu TPA sampah yang menerapkan sistem lahan urug saniter adalah TPST Bantargebang, yang mencakup areal seluas 108 ha. Areal TPST yang meliputi tiga desa, yakni Desa Ciketing Udik, Cikiwul, dan Sumur Batu, Kecamatan

Bantargebang, Kota Bekasi sekarang menjadi gunung sampah dengan tinggi rata-rata 25 meter. Gunung sampah itu sudah belasan tahun tidak diolah dan mencemari lingkungan (Nuryani, 2003). Materi pencemar yang biasanya terbentuk di lingkungan sekitar TPST yaitu lindi, gas-gas yang keluar dari lahan urug saniter, sampah yang terbawa angin, dan organisme hidup seperti tikus, cacing, dan serangga yang merupakan vektor pembawa penyakit. Perencanaan TPST Bantargebang sudah sesuai dengan prosedur perlakuan lahan urug saniter, namun pemeliharaan dan monitoring yang dilaksanakan pengelola TPST belum sempurna karena tumpukan sampah dibiarkan terbuka sehingga lindi masih keluar dari lingkungan TPST yang akhirnya mempengaruhi kualitas air permukaan dan air tanah di sekitar TPST (Nuryani, 2003).

Lindi merupakan air limbah yang berasal dari tumpukan sampah di TPA yang memiliki kadar zat organik, nitrogen dan fosfor yang tinggi. Lindi membawa materi tersuspensi dan terlarut yang merupakan produk dari degradasi sampah (Maramis, 2008). Lindi ini terbentuk ketika air melewati timbunan sampah dan membilas serta membawa material organik dan anorganik yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah secara biologis. Lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, fulvat, tanat dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan senyawa logam berat) yang tinggi. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam lindi bisa mencapai 1000 sampai 5000 kali lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air tanah (Maramis, 2008). Lindi yang mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik dengan konsentrasi sekitar 5000 kali lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air tanah, akan masuk dan mencemari air tanah atau air sungai sehingga peruntukan kedua jenis air tersebut mengalami pergeseran. Air yang awalnya dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, akhirnya hanya dapat digunakan untuk pertanian dan akan berdampak negatif terhadap kehidupan manusia (Maramis, 2008).

Berdasarkan pengalaman dari instalasi pengolahan lindi TPST Bantargebang, telah terjadi pencemaran air tanah dan air sungai di sekitar TPST Bantargebang secara serius akibat kualitas effluen dari pengolahan lindi berada di atas baku

mutu yang disyaratkan. Melihat kondisi yang ada, lindi harus dikelola karena berpotensi mencemari lingkungan di sekitar TPST, yang nantinya akan mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Upaya pengolahan lindi harus dilakukan dengan proses dan pendekatan untuk memperkecil dampak yang ditimbulkan serta mengacu pada baku mutu lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan efisiensi kerja bangunan pengolah lindi yang ada (khususnya IPAS IV).

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diambil suatu perumusan masalah, yaitu: Belum diketahuinya efisiensi kinerja lingkungan Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang dalam hal mengolah lindi.

Dari uraian tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah:

1. Bagaimana kinerja Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang dalam hal mengolah lindi?
2. Bagaimana pengaruh lindi pada kualitas air tanah khususnya air sumur penduduk di sekitar TPST Bantargebang?
3. Bagaimana pengaruh lindi pada kualitas badan sungai (Sungai Ciketing-Sumur Batu) yang dikaitkan dengan perubahan kualitas air sesuai dengan peruntukannya?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini, adalah:

1. Mengetahui kinerja Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang dalam hal mengolah lindi.
2. Menganalisis pengaruh lindi pada kualitas air tanah khususnya air sumur penduduk di sekitar TPST Bantargebang.
3. Menganalisis pengaruh lindi pada kualitas badan sungai (Sungai Ciketing-Sumur Batu).

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi TPST sampah Bantargebang
  - a. Sebagai bahan masukan untuk melakukan perbaikan kinerja sistem pengolahan lindi untuk mendukung rancangan TPST yang modern dan ramah lingkungan, dan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan perbaikan yang dianggap perlu.
  - b. Dapat meningkatkan efisiensi pengolahan lindi, dan mengurangi risiko pencemaran yang berasal dari lindi.
2. Bagi Peneliti
  - a. Sebagai tesis yang merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Sains (MSi) Ilmu Lingkungan pada program Pascasarjana Universitas Indonesia.
  - b. Memperoleh pengalaman dalam melaksanakan penelitian tentang teknologi pengolahan lindi.
3. Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang karakteristik lindi yang dihasilkan pada proses penguraian sampah dan alternatif teknologi pengolahan lindi serta dapat menjadi bahan acuan bagi peneliti lain untuk meneliti hal serupa atau lebih spesifik lagi.

## 2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### 2.1. Kerangka Teoretik

#### 2.1.1. Sampah

Sampah dapat diartikan sebagai limbah padat sisa aktivitas manusia, tidak terpakai, dapat bersifat organik maupun anorganik, dapat membahayakan kesehatan lingkungan sehingga harus dibuang/dikelola dari lingkungan serta diproses secara baik (Bebassari, 2006). Secara umum, pengertian sampah adalah limbah yang berbentuk padat/setengah padat yang berasal dari hasil kegiatan manusia dan industri yang terdiri atas bahan organik dan atau bahan anorganik, logam dan atau non logam, dapat terbakar dan atau tidak dapat terbakar, tetapi tidak termasuk buangan biologi (kotoran) manusia (Departemen PU, 1994).

Berdasarkan sumbernya sampah dapat digolongkan sampah domestik (sampah rumah tangga, pasar, sekolah) dan sampah non domestik (sampah pabrik, pertanian, peternakan, industri, kehutanan, perikanan). Berdasarkan terjadinya sampah dibedakan menjadi sampah alami dan non alami (sampah karena kegiatan manusia). Berdasarkan jenisnya sampah dibedakan menjadi sampah organik dan sampah non organik, dimana sampah organik dapat diuraikan sedangkan sampah anorganik tidak dapat diuraikan.

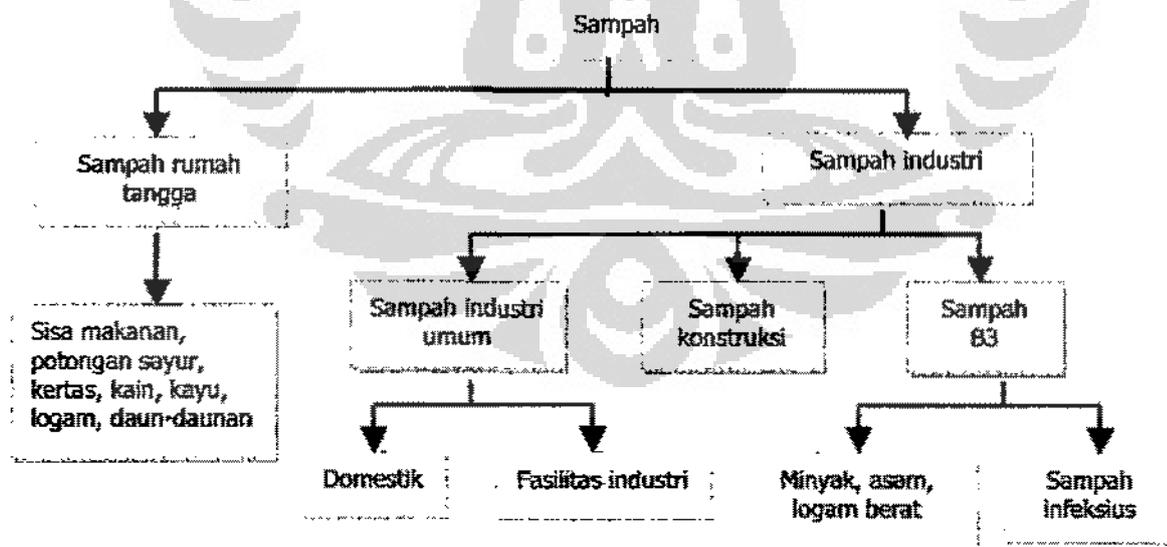
Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan Bebasari (2006), komposisi dan karakteristik sampah perkotaan di Indonesia mayoritas adalah organik dengan komposisi 73,98% dan bahan anorganik sebanyak 26,48%. Komposisi sampah organik bervariasi antara 70-80%, nilai kalor sampah bervariasi antara 1000-2000 kkal/kg dan kadar air bervariasi antara 50-70%. Berdasarkan data tersebut, dapat dikatakan komponen organik masih merupakan komponen terbesar dan menyebabkan sampah kota mempunyai kadar air yang cukup tinggi. Berdasarkan karakteristik sampah seperti itu, apabila sampah dibiarkan menumpuk dalam sehari akan terjadi kegiatan mikroorganisme anaerob yang menyebabkan sampah berbau tidak sedap. Pada Tabel 1, menunjukkan komposisi dan karakteristik sampah yang ada di Indonesia.

**Tabel 1.** Komposisi dan Karakteristik Sampah

No	Komponen	%	Kadar Air (%)	N kator (kkal/kg)
1.	Organik	73,98	47,08	674,57
2.	Kertas	10,18	4,97	235,55
3.	Kaca	1,75	-	-
4.	Plastik	7,86	2,28	555,46
5.	Logam	2,04	-	-
6.	Kayu	0,98	0,32	38,28
7.	Kain	1,57	0,63	42,64
8.	Karet	0,55	0,02	7,46
9.	Bateraf	0,29	-	-
10.	Lain-lain	0,86	-	-
<i>Total</i>		<i>100</i>	<i>55,3</i>	<i>1553,96</i>

Sumber : BPPT, 1994 dalam *Bebassari, 2006.*

Menurut Dinas Kebersihan DKI Jakarta (2008), karakteristik sampah Kota Jakarta ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Karakteristik Sampah Kota Jakarta  
 Sumber: Dinas Kebersihan DKI Jakarta, 2008

### **2.1.2. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah**

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah didefinisikan sebagai fasilitas tempat pembuangan sampah atau residu sampah (komponen limbah yang tidak terpakai lagi yaitu sisa dari materi sampah yang tidak terdaur ulang atau sisa dari konversi sampah menjadi produk/energi) yang dirancang dengan baik dan dioperasikan untuk meminimalkan akibat buruk pembuangan sampah terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan (Bebassari, 2006).

Pembuangan sampah ke TPA merupakan cara yang selalu disertakan dalam pengelolaan sampah, karena pengelolaan sampah dengan cara apapun tidak pernah dapat menuntaskan permasalahan yang ada. Dalam penelitian suatu lokasi sebagai TPA, ada beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1994), pemilihan lokasi TPA sampah didasarkan atas kriteria sebagai berikut:

- a. Kondisi geologis, tidak berlokasi di zona bahaya geologi.
- b. Kondisi hidrogeologi  
Tidak boleh mempunyai muka air tanah kurang dari 3 m, tidak boleh mempunyai kelulusan tanah lebih besar  $10^{-6}$  cm/detik, jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 m di hilir aliran.
- c. Sebaiknya posisi lahan urug saniter di bawah air tanah karena dapat menimbulkan pencemaran air yang menyebabkan bau, uap zat kimia beracun, bahan organik dan anorganik beracun serta bibit penyakit.
- d. TPA lebih baik tidak berada di daerah pasang surut atau kurang dari 500 meter dari bibir pantai.
- e. Kemiringan zona harus kurang dari 20% karena TPA terdiri atas sel-sel pengolahan sampah. Tanahnya semakin tidak produktif, semakin baik.
- f. Tidak boleh pada daerah lindung/cagar alam dan daerah banjir dengan periode ulang 25 tahun.
- g. Iklim, intensitas hujan semakin kecil semakin baik.
- h. Bau, semakin banyak zona penyangga semakin baik.
- i. Ekonomis, semakin kecil biaya satuan pengelolaan sampah ( $m^3/ton$ ) dinilai semakin baik.
- j. Dengan pertimbangan nilai estetika, TPA sebaiknya tidak berada di dalam daerah pemukiman, dan dekat dengan jalan utama.

Keberadaan TPA dalam pengelolaan sampah merupakan hal yang tidak dapat dihilangkan karena pertimbangan dan alasan berikut (Bebassari, 2006):

- a. Pengelolaan sampah seperti reduksi di sumber, daur ulang, guna ulang, atau minimisasi sampah tidak dapat menyingkirkan sampah secara menyeluruh.
- b. Tidak semua sampah mempunyai nilai ekonomis untuk didaur ulang.
- c. Teknik insinerasi atau pengolahan secara biologi atau kimia tetap menghasilkan residu yang harus ditangani lebih lanjut.
- d. Terdapat sampah yang sulit diurai secara biologis, diolah secara kimiawi, maupun sulit dibakar.
- e. Timbulan sampah tidak dapat direduksi sampai tidak ada sama sekali.

Pengoperasian suatu TPA memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan sekitarnya. Masalah pencemaran lingkungan yang masih sering terjadi di berbagai kota di Indonesia pada umumnya disebabkan oleh metode penanganan TPA sampah yang belum memadai. Secara umum masalah pencemaran lingkungan ini disebabkan oleh beberapa hal, seperti (Bebassari, 2006):

- a. Pemilihan lokasi TPA sampah yang tidak sesuai dengan kriteria teknis yang berlaku (SNI No. 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA), seperti dekat dengan lokasi pemukiman (<500 m), dekat dengan badan air (<100 m), jenis tanah bukan lempung, muka air tanah dangkal (<4 m).
- b. Fasilitas TPA sampah yang tidak memadai khususnya yang berkaitan dengan fasilitas perlindungan lingkungan, seperti tidak adanya lapisan kedap air, ventilasi gas, jaringan pengumpul lindi, fasilitas pengolahan lindi serta terbatasnya tanah penutup.
- c. Operasi pembuangan akhir yang lebih cenderung dilakukan secara *open dumping*.
- d. Penanganan pasca operasi yang tidak memadai khususnya yang berkaitan dengan upaya pemantauan gas dan kualitas lindi serta reklamasi lahan bekas TPA.

### **2.1.3. Sanitary Landfill (Lahan Urug Saniter)**

Lahan urug saniter menggambarkan suatu fasilitas yang digunakan sebagai tempat pengolahan sampah yang didesain dan dioperasikan untuk meminimalkan

limbah padat dan mengurangi risiko terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan. Lahan urug saniter adalah pengelolaan sampah dengan cara menimbunnya di dalam tanah dan mensyaratkan sampah diurug dengan tanah setebal 15 cm tiap kali timbunan mencapai ketinggian dua meter. Di dalam lahan urug saniter, limbah organik akan didekomposisi oleh mikroba dalam tanah menjadi senyawa-senyawa gas dan cair. Senyawa-senyawa ini berinteraksi dengan air yang dikandung oleh limbah dan air hujan yang masuk ke dalam tanah dan membentuk bahan cair yang disebut lindi. Jika lahan urug saniter tidak didesain dengan baik, lindi akan mencemari tanah dan masuk ke dalam badan-badan air di dalam tanah. Karena itu, tanah di lahan urug saniter harus mempunyai permeabilitas yang rendah. Di atas lapisan ini, dibuat jaringan pipa yang akan mengalirkan lindi ke kolam penampungan. Lindi yang telah melalui instalasi pengolahan dan memenuhi baku mutu lingkungan baru dapat dibuang ke sungai.

Apabila dilihat dari sudut perbaikan masalah lindi, ada empat macam lahan urug saniter, yaitu (Bebassari, 2006):

1. *Controlled tipping*

Jenis ini adalah peningkatan dari *open dumping*. Biasanya calon lahan TPA sudah dipilih secara baik namun aplikasi tanah penutup tidak dilakukan setiap hari. Konsep ini banyak diterapkan di Indonesia sebagai lahan urug terkendali sebelum mencapai tingkatan lahan urug yang baik.

2. *Sanitary landfill with a bund and daily cover soil*

TPA jenis ini merupakan peningkatan dari *controlled tipping*. Lahan penimbunan dibagi menjadi beberapa area yang dibatasi oleh tanggul ataupun parit. Penutupan timbunan sampah dilakukan setiap hari sehingga masalah bau, asap dan lalat dapat dikurangi.

3. *Sanitary landfill with leachate recirculation*

Dalam teknik ini masalah lindi sudah mulai diperhatikan. Dibutuhkan sarana untuk mengalirkan lindi dari dasar lahan urug saniter ke penampungan, biasanya kolam yang diaerasi. Lindi kemudian dikembalikan ke timbunan sampah melalui ventilasi gasbio tegak atau langsung ke timbunan sampah.

#### 4. *Sanitary landfill with leachate treatment*

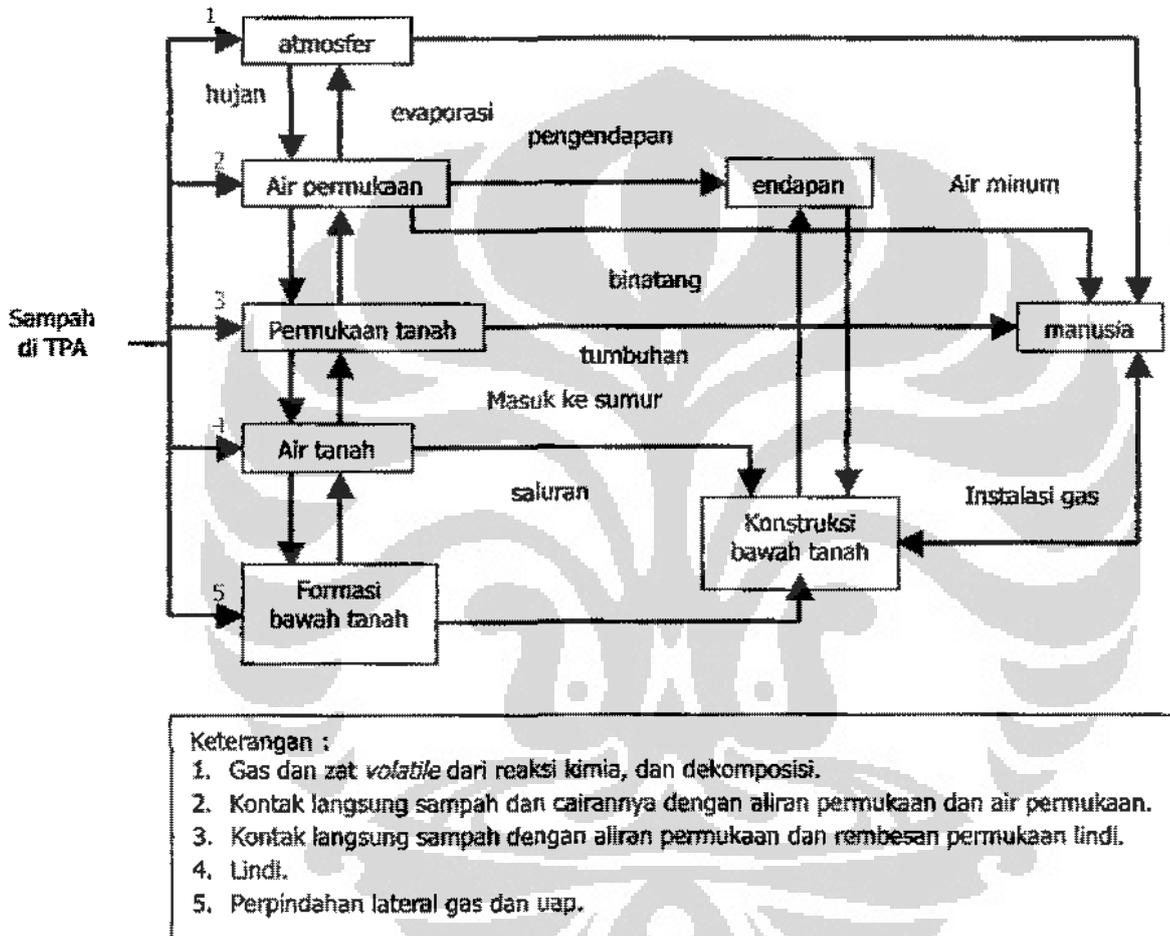
Pada sistem ini, lindi yang dikumpulkan melalui sistem pengumpul kemudian diolah secara lengkap seperti layaknya limbah cair, baik secara biologi maupun kimiawi.

Secara umum lahan urug saniter terdiri atas elemen sebagai berikut:

1. *Lining System* berguna untuk mencegah atau mengurangi kebocoran lindi ke dalam tanah yang akhirnya bisa mencemari air tanah. Biasanya *lining system* terbuat dari *compacted clay*, *geomembran*, atau campuran tanah dengan bentonite.
2. Sistem pengumpul lindi, dibuat di atas *lining system* dan berguna untuk mengumpulkan lindi dan memompa ke luar sebelum lindi menggenang di *lining system* yang akhirnya akan meresap ke dalam tanah. Lindi yang dipompa keluar melalui sumur yang disebut *leachate extraction system* yang biasanya di kirim ke pengolahan limbah untuk diproses sebelum pembuangan akhir.
3. *Cover* atau *cap system* berguna untuk mengurangi cairan akibat hujan yang masuk ke dalam lahan urug saniter. Dengan berkurangnya cairan yang masuk akan mengurangi lindi.
4. Sistem ventilasi gas, berguna untuk mengendalikan aliran dan konsentrasi di dalam lahan urug saniter dengan demikian mengurangi risiko gas mengalir di dalam tanah tanpa terkendali yang akhirnya dapat menimbulkan peledakan.
5. Sistem pemantauan, dapat dibuat di dalam atau di luar lahan urug saniter sebagai peringatan dini apabila terjadi kebocoran atau bahaya kontaminasi di lingkungan sekitar.

Semua jenis tanah tidak sama kemampuannya dalam menahan/menyerap polutan lindi, tetapi yang paling sesuai untuk dijadikan lokasi pembuangan sampah dengan sistem lahan urug saniter adalah 50% pasir dan 50% lempung serta liat dengan perbandingan yang seimbang (Departemen PU, 1994). Apabila kandungan liat tanah tinggi, kemampuan mengikat polutan lindi sangat baik, tetapi kemampuan menyerap lindi rendah sehingga lindi yang terbentuk akan menggenang di permukaan dan mengalir ke lahan di luar lokasi, sebaliknya apabila kandungan liat tanah rendah, kemampuan menyerap lindi tinggi tetapi

rendah dalam mengikat polutan lindi. Lindi mempunyai pengaruh yang sangat beragam terhadap tanah, bergantung pada jenis sampah dan kegunaan tanah, dapat saja limbah dari jenis sampah tertentu mempunyai pengaruh positif terhadap kesuburan tanaman, tetapi di lain pihak berpengaruh negatif terhadap lingkungan. Dampak buruk limbah sampah dari lahan urug saniter ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Dampak Buruk Limbah Sampah dari *Sanitary Landfill*  
 Sumber: Dinas Kebersihan DKI dalam Hendrawan, 1997

Pembangunan TPA sampah dalam periode singkat mungkin belum membawa dampak yang signifikan. Namun, akan terasa setelah periode yang panjang, apabila terjadi akumulasi sampah yang terus-menerus tanpa ada upaya pengelolaan, maka pencemaran lingkungan karena sampah pasti akan terjadi. Sampai saat ini dari hampir 400 TPA sampah di Indonesia, tidak satupun yang benar-benar menerapkan prosedur kerja lahan urug saniter sehingga dapat mencemari air tanah yang dikonsumsi masyarakat (Bebassari, 2006).

Pencemaran lingkungan yang sering terjadi adalah berupa pencemaran air tanah dan air permukaan oleh rembesan lindi atau effluen lindi yang masih diatas baku mutu. Kebakaran atau bahaya asap karena akumulasi gas yang tidak terkumpul dalam pipa ventilasi gas serta berkembangnya vektor penyakit seperti lalat karena selain penutupan tanah tidak dilakukan secara harian juga tebal tanah penutup kurang dari 10 cm. Menurut Damanhuri (2004), untuk mencegah timbulnya gas dan lindi, TPA didesain harus kedap di bawahnya dengan menggunakan lapisan khusus (geotekstil atau geomembran) atau memakai lapisan tanah liat. Air yang masuk kedalam sampah merupakan sumber dari lindi yang dapat mencemari lingkungan. Pengadaan sistem pengolahan lindi sangat dibutuhkan untuk mengurangi pencemaran air yang dapat terjadi bila lindi keluar dan masuk ke dalam badan air.

#### **2.1.4. Lindi**

Lindi adalah cairan yang mengalir atau lepas/luber (*leach*) yang berasal dari tumpukan sampah di lahan urug saniter yang membawa materi tersuspensi dan terlarut yang merupakan produk dari degradasi sampah. Lindi merupakan cairan yang timbul akibat merembesnya air eksternal kedalam timbunan sampah. Aliran yang merembes ini akan membawa bermacam-macam zat yang ada dalam sampah seperti nitrat, nitrit, metan, karbondioksida, sulfat, sulfida, ammonia, air dan mikroorganisme (Damanhuri, 2004). Proses dekomposisi secara alamiah pada awalnya menghasilkan nitrit, CO<sub>2</sub>, dan air sedangkan pasokan oksigen yang dilepaskan oleh mikroorganisme anaerob akan membentuk senyawa lain seperti sulfat, ammonia, dan nitrogen. Kualitas dan kuantitas lindi sangat bervariasi dan fluktuasinya secara langsung berkaitan dengan banyaknya curah hujan, komposisi/karakteristik sampah, umur timbunan, dan pola operasional di TPA (Damanhuri, 2004).

Barber (1979) dalam Andreattola&Cannas (1992) menyatakan bahwa proses dekomposisi terjadinya lindi yaitu ditandai dengan adanya perubahan secara fisik, kimia dan biologis pada sampah karena aktivitas mikroorganisme. Reaksi biologis akan terus berlangsung di dalam timbunan sampah menurut kondisi ada atau tidak adanya oksigen, sehingga proses yang terjadi akan bersifat

dekomposisi secara aerob atau anaerob. Sejalan dengan reaksi biologis akan terjadi pula reaksi kimia dimana proses terjadinya lindi dan proses lainnya akan dihasilkan. Tahapan terbentuknya lindi adalah sebagai berikut:

1. Fase penguraian aerob. Pada tempat pengumpulan sampah, fase yang pertama kali terjadi adalah fase aerob yang mengkonsumsi oksigen dan air yang akan mempercepat proses fermentasi acetogenik yang menghasilkan lindi yang mengandung kadar BOD, COD, dan ammonia nitrogen tinggi. Tahap ini biasanya berlangsung selama beberapa minggu. Senyawa yang dihasilkan umumnya kurang stabil dan selama fase ini temperatur sampah cenderung naik sampai sekitar 70°C. Proses penguraian pada tahap ini tergantung pada jumlah oksigen dan nilai BOD dari sampah.
2. Fase penguraian anaerob/fakultatif. Pada fase ini produk yang dihasilkan relatif stabil dan temperaturnya cenderung menurun. Setelah jumlah oksigen menurun, dekomposisi oleh organisme fakultatif anaerob-lah yang mendominasi. Selama tahap ini *volatile fatty acid* dalam jumlah yang besar diproduksi. *Volatile fatty acids* merupakan komponen utama pada materi organik selain pH dan logam berat. Asam ini menurunkan pH hingga antara 4-5. Dengan pH yang rendah membentuk bahan anorganik terlarut, bersamaan dengan konsentrasi *volatile acid* yang meningkat, menghasilkan kekuatan ion yang tinggi. Pada fase ini lindi mempunyai sifat:
  - a. Berbau tidak sedap.
  - b. pH asam (minimum 4-5).
  - c. BOD tinggi (umumnya >20.000 mg/l).
  - d. Kandungan ammonia beberapa ratus mg/liter.
  - e. Kandungan Nitrogen Organik beberapa ratus mg/liter.
  - f. Munculnya senyawa-senyawa yang sulit teruraikan seperti fenol, taluen, dan lain-lain.
  - g. Tingginya kadar logam berat dan zat-zat anorganik Na, K, Cl, Mn, Mg, Fe, Ca.
3. Fase metanogenesis, yaitu fase dimana proses dekomposisi dimulai dengan mengkonsumsi materi organik sederhana dari proses acetogenik dan menghasilkan biogas. Pada saat ini komposisi lindi menunjukkan keseimbangan dinamik diantara dua mekanisme mikrobiologi dengan nilai BOD dan COD rendah tetapi konsentrasinya ammonia tinggi. Materi

anorganik terlarut secara terus-menerus dilepaskan. Pada saat *volatile fatty acids* menurunkan rasio BOD/COD, materi organik lindi membuat molekul asam humat dan fulvat.

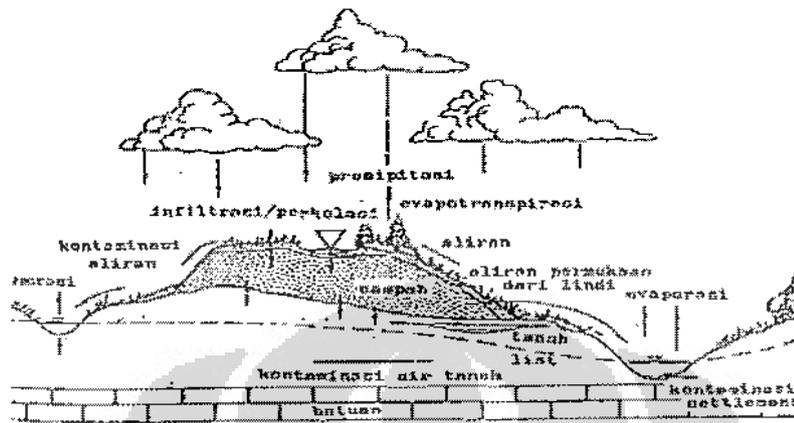
4. Pada fase ini proses penguraian berlangsung lambat dengan periode waktu selama beberapa tahun. Tahap ini terjadi ketika jumlah bakteri methanogenesis meningkat. *Volatile acid* yang diproduksi oleh bakteri fakultatif anaerob dan bahan organik lain diubah menjadi metan dan karbondioksida. Karakteristik lindi pada tahap ini mempunyai sifat:
  - a. Konsentrasi yang sangat rendah dari asam lemak
  - b. pH netral sampai basa
  - c. BOD <200 mg/l
  - d. Kandungan NH<sub>3</sub> beberapa ratus mg/l
  - e. Kandungan COD beberapa ratus mg/l
  - f. Perbandingan BOD/COD rendah
  - g. Rendahnya konsentrasi logam/logam berat
  - h. Tingginya konsentrasi garam-garam terlarut seperti K, Na, Cl
  - i. Banyak terbentuknya ammonium dan CO<sub>2</sub>

Salah satu hasil dari rangkaian proses tersebut adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan. Air yang ada pada timbunan sampah ini antara lain berasal dari (Qasim,1994 dalam Haryanto, 1996):

1. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi ke dalam timbunan.
2. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.
3. Kandungan dari sampah itu sendiri.
4. Air dari proses dekomposisi bahan organik pada sampah.

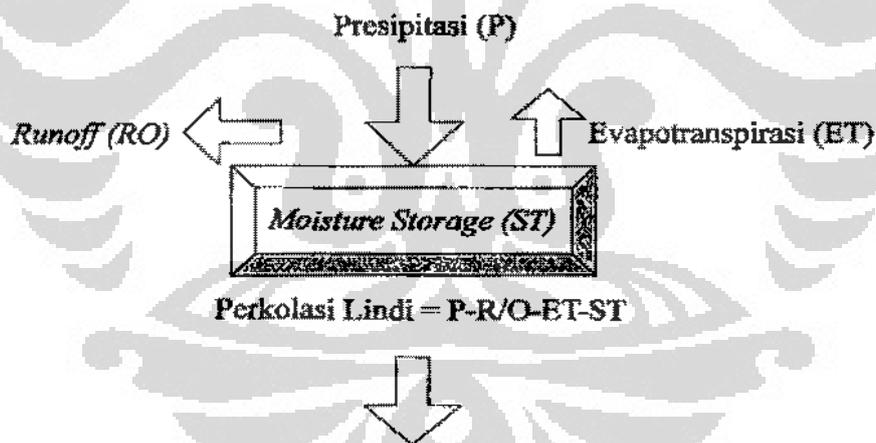
Lindi akan bergerak melewati tanah, dan pada saatnya akan mencapai air tanah yang merupakan salah satu sumber air bagi manusia. Mengingat kualitas lindi yang buruk, maka kontak antara lindi dengan air tanah harus dihindarkan, karena apabila hal ini terjadi maka kualitas air tanah akan menurun terutama karena adanya perubahan konsentrasi mineral serta kandungan organik pada air tanah. Volume lindi yang terbentuk juga sangat dipengaruhi oleh adanya rembesan air ke dalam timbunan sampah, baik yang berasal dari rembesan air

hujan atau aliran air tanah pada saat muka air tinggi. Secara umum terbentuknya lindi dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Keseimbangan Air dalam Suatu Lahan Urug  
 Sumber: Damanhuri & Padmini, 1990 dalam Haryanto, 1996

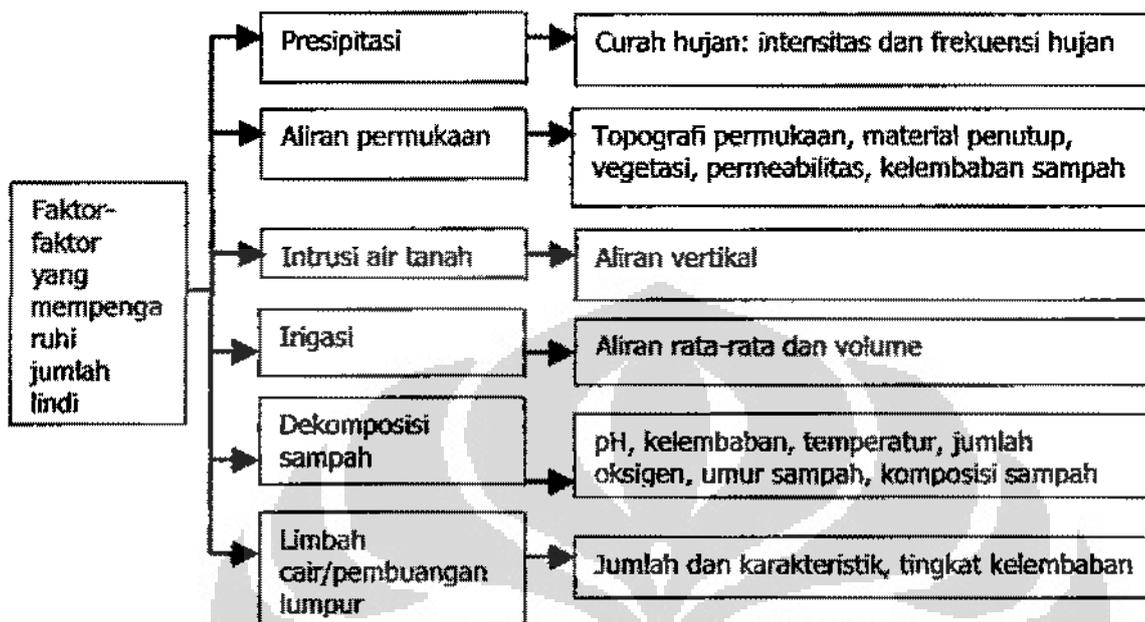
Hubungan antara faktor yang meningkatkan dan mengurangi jumlah lindi sering disebut dengan neraca air, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Neraca Air pada Proses Pembentukan Lindi  
 Sumber: Damanhuri, 2004

Besarnya lindi yang terbentuk sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain karena sangat bervariasi faktor yang mempengaruhi neraca air lindi. Curah hujan yang tinggi di suatu tempat, ditambah dengan buruknya kualitas tanah penutup akan menyebabkan rembesan air hujan meningkat dan memperbesar terbentuknya lindi di TPA tersebut. Sebaliknya kondisi udara yang kering akan

membantu proses penguapan sehingga terjadi penurunan volume lindi (Darmasetiawan, 2004).



**Gambar 5.** Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Pembentukan Lindi  
*Sumber: Qasim, 1994 dalam Anonim, 2006*

### 2.1.5. Kualitas Lindi

Perubahan kualitas lindi terjadi dengan tingkat yang tinggi. Sebagai contoh pada tahap awal kandungan organik sangat tinggi. Dengan berlalunya waktu, terjadi penurunan konsentrasi, dan setelah beberapa tahun konsentrasi organik menjadi sangat rendah. Pada tahap awal pengoperasian TPA, lindi akan mengandung sejumlah besar padatan terlarut, BOD, COD, nutrisi, dan logam berat. Pada saat diresirkulasi, komponen tersebut akan tertahan dan terproses oleh mikroorganisme biologis dan berbagai proses kimia maupun fisika. Sebagai contoh, asam organik sederhana yang terkandung dalam lindi akan terproses menjadi metan dan karbondioksida (Darmasetiawan, 2004).

Lindi mempunyai karakter yang khas, yaitu (Damanhuri, 2004):

- 1) Lindi dari TPA yang muda bersifat asam, mengandung organik yang tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang juga tinggi serta rasio BOD/COD relatif tinggi.

- 2) Lindi dari TPA yang sudah tua sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun serta rasio BOD/COD relatif menurun.

Lindi TPA yang berumur diatas 10 tahun mempunyai BOD dan COD yang relatif tinggi, dan berada disekitar ambang baku mutu efluen air limbah golongan III menurut Kep-MENLH/II/1991. Komposisi lindi dari lahan urug saniter baru dan lahan urug saniter matang/lama dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Tipikal Komposisi Lindi dari Lahan Urug Saniter Baru dan Lahan Urug Saniter Matang/Lama

Parameter	Nilai (mg/L)		
	Landfill baru (< 2 tahun)		Landfill matang (>10 tahun)
	Range	Tipikal	
BOD <sub>5</sub>	2000-30000	10000	100-200
TOC ( <i>Total Organic Carbon</i> )	1500-20000	6000	80-160
COD	3000-60000	18000	100-500
<i>Total suspended solid</i>	200-2000	500	100-400
Nitrogen organik	10-800	200	80-120
Nitrogen dalam ammonia	10-800	200	20-40
Nitrat	5-40	25	5-10
Phospat total	5-100	30	5-10
Alkalinitas sebagai CaCO <sub>3</sub>	1000-10000	3000	200-1000
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Kalsium	200-3000	1000	100-400
Magnesium	50-1500	250	50-200
Klorida	200-3000	500	100-400
Sulfat	50-1000	300	20-50
Besi total	50-1200	60	20-200

Sumber: Tchobanoglous, 1993

Andreattola dan Kannas (1992) menyatakan bahwa komposisi kimia lindi bergantung pada jenis sampah yang dominan, lokasi, desain, dan cara pengelolaan lahan urug saniter. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi komposisi lindi adalah:

1. Komposisi sampah

Karakteristik kimia dan biologi lindi tergantung pada jenis sampah yang ada dalam lahan urug saniter. Bahan organik sampah secara alami akan

terdegradasi dalam lahan urug saniter dan merupakan faktor utama pembentukan lindi. Keberadaan komponen-komponen organik dalam lindi bergantung pada kontak antara sampah dan pencucian oleh air hujan.

## 2. pH

Proses dekomposisi di TPA lahan urug saniter secara umum terjadi pada tiga tahap, pertama dekomposisi aerob, tahap ini biasanya sangat pendek karena terbatas pada jumlah oksigen dan nilai BOD yang tinggi dari sampah padat. Setelah oksigen menurun, dekomposisi oleh organisme fakultatif anaerob. Selama tahap ini *volatile fatty acid* dalam jumlah yang besar diproduksi. Asam ini menurunkan pH hingga antara 4-5. Kondisi asam yang terjadi pada fase anaerob akan meningkatkan kelarutan bahan-bahan kimia, seperti oksida, hidroksida, dan derivat karbonat. Dengan pH yang rendah membentuk bahan anorganik melarut, bersamaan dengan konsentrasi *volatile acid* yang meningkat, menghasilkan kekuatan ion yang tinggi (Qasim, 1994).

## 3. Potensial Redoks

Kondisi menurun dari proses degradasi secara anaerob, akan menambah kelarutan nutrien, dan logam berat dalam lindi.

## 4. Umur lahan urug saniter

Umur lahan urug saniter memainkan peranan penting dalam pembentukan karakteristik lindi oleh proses stabilisasi sampah. Jumlah pencemar dalam lindi umumnya tinggi pada tahun-tahun pertama pengoperasian lahan urug saniter (2-3 tahun) dan berangsur-angsur berkurang dengan bertambahnya waktu. Pada saat umur lahan urug saniter masih muda, kurang dari 5 tahun, akan menghasilkan lindi yang mengandung bahan organik yang tinggi. Lindi yang berasal dari lahan urug saniter yang sudah berumur tua hanya mengandung 10% bahan organik, yang mendominasi adalah asam humat dan fulvat. Pada beberapa lahan urug saniter, kandungan logam berat pada lindi akan menurun seiring dengan bertambahnya umur lahan urug saniter, tetapi banyak juga yang mengalami peningkatan kandungan logam beratnya. Lindi dari lahan urug saniter muda akan menghasilkan pH lebih tinggi dibanding lindi dari lahan urug saniter tua. Sebagai indikator pencemar organik dalam lindi adalah COD, BOD, *Total Organic Carbon*

(TOC), populasi mikroba, dan juga ion-ion organik, seperti logam berat, sulfat, dan lain-lain.

Selain itu tingkat curah hujan dan ada atau tidaknya lapisan kedap air juga berpengaruh terhadap komposisi lindi. Karakteristik kimiawi dari lindi tergantung pada komposisi dan karakteristik sampah yang ada di TPA seperti temperatur, kelembaban, tahap dekomposisi, kedalaman TPA, dan lain-lain. Secara keseluruhan COD, BOD, dan Nitrogen-ammonia yang terkandung dalam lindi akan mengalami perubahan sejalan dengan waktu, BOD berkurang lebih cepat dibandingkan COD karena BOD tersusun dari zat organik yang mudah terdekomposisi oleh berbagai bakteri yang ada di TPA. Struktur dan teknologi pembuangan lindi juga secara langsung akan mempengaruhi kualitas lindi yang dihasilkan. Dalam perencanaan TPA perlu dipertimbangkan jumlah lindi yang akan timbul terutama dalam perencanaan fasilitas pengolahannya. Beberapa rekapitulasi hasil dari pemantauan kualitas lindi di Indonesia tersaji dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Gambaran Variasi Kualitas Lindi dari Beberapa TPA

Kota	pH	COD	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>2</sub>	DHL
Bogor	7,5	28723	770	0	40480
	8	4303	649	0,075	24085
Cirebon	7	3648	395	0,225	10293
	7	13575	203	0,375	12480
Jakarta	7,5	6839	799	0	13680
	7	413	240	0,075	3823
	8	1109	621	0,35	1073
Bandung	6	58661	1356	6,1	26918
	7	7379	738	2,775	20070
Solo	6	6166	162	0,225	3540
Magelang	8,03	24770	-	-	6030

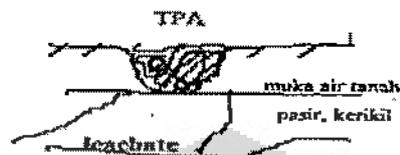
Sumber: Damanhuri, 2004

Berdasarkan hasil analisis lindi tersebut dapat disimpulkan bahwa kekhasan lindi sampah Indonesia adalah (Damanhuri, 2004):

- 1) Berkarakter tidak asam
- 2) Mempunyai nilai COD yang tinggi

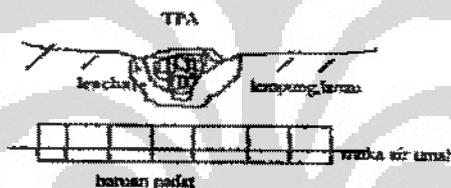
Pola pencemaran lindi terhadap air tanah pada berbagai tekstur tanah menurut Scheneider dalam Hadiyanti, (2007) dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada lapisan permeabel, misalnya: pasir, kerikil, batuan konglomerat, breksi, lindi dari dasar lahan urug saniter cepat merembes mencapai muka air tanah karena pergerakan lindi dipercepat oleh aliran air tanah.



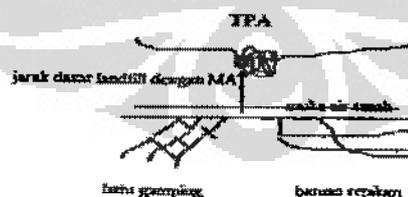
**Gambar 6.** Pergerakan Lindi pada Lapisan Permeabel  
*Sumber: Scheneider dalam Hadiyanti, 2007*

2. Pada lapisan impermeabel, misalnya: lempung, lanau, dengan batuan induk yang rapat, pergerakan lindi mencapai air tanah relatif lambat.



**Gambar 7.** Pergerakan Lindi pada Lapisan Impermeabel  
*Sumber: Scheneider dalam Hadiyanti, 2007*

3. Pergerakan lindi pada batuan yang mengalami retakan sangat dipengaruhi oleh jarak dasar lahan urug saniter dengan muka air tanah.



**Gambar 8.** Pergerakan Lindi pada Batuan yang Mengalami Retakan  
*Sumber: Scheneider dalam Hadiyanti, 2007*

### 2.1.6. Pengelolaan Lindi

Pengelolaan lindi merupakan bagian dari pengelolaan TPA. Pada dasarnya keberhasilan penanganan lindi dimulai sejak suatu lahan dipilih dan terus menerus sampai lahan itu ditutup karena penuh. Oleh karenanya usaha

penanganan masalah lindi dapat dikelompokkan dalam beberapa tahap, yaitu (Bebassari, 2006):

- a. Pada tahap pemilihan *site*
- b. Pada tahap perancangan dan penyiapan *site*
- c. Selama masa pengoperasian
- d. Selama jangka waktu tertentu setelah TPA tidak digunakan lagi

Pengelolaan lindi pada dasarnya sangat tergantung kepada karakteristiknya, sedangkan karakteristik lindi juga sangat tergantung bagaimana lindi tersebut terbentuk/terakumulasi. Secara ideal suatu pengolahan lindi harus dilakukan uji keterolahan terlebih dahulu (*treatability*) dan dibuat juga skala pilotnya. Langkah awal dalam pengelolaan lindi adalah memperhatikan sistem lapisan bawah lahan urug saniter (*liners system*). Tujuan dari desain sistem *liners* adalah untuk mencegah dan meminimisasi infiltrasi lindi ke lapisan tanah dibawahnya sehingga mencegah kontaminasi ke air tanah. Teknik dan sistem *liners* sangat bervariasi tergantung pada kondisi dan karakteristik tanahnya. Pada wilayah yang dibawahnya sama sekali tidak ada akuifer air tanah, maka *compacted clay* sudah cukup (Tchobanoglous, 1993).

Pada dasarnya tanah asli di bawah TPA mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi dan mendegradasi pencemar, namun adanya lapisan *liners* tambahan akan lebih menjamin hal tersebut diatas. Tanah lempung mempunyai kemampuan yang baik dalam menahan pencemar anorganik (seperti logam berat) melalui mekanisme sorpsi. Penggunaan campuran tanah yang bersifat alkalin sebagai tanah penutup akan menaikkan pH lindi, sehingga proses dekomposisi akan lebih cepat, terutama guna mendorong konversi karbon organik ke pembentukan gas metan disamping memungkinkan logam-logam tertentu menjadi terendapkan (Tchobanoglous, 1993). Sekali lindi terbentuk, maka pilihan pengelolaannya adalah (Bebassari, 2006):

- a. Daur ulang lindi (*leachate recycling*)
- b. Penguapan lindi (*leachate evaporation*)
- c. Diolah dan dibuang (*treat and disposal*)
- d. Dibuang ke sistem air buangan kota

Penanganan lindi dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain (Darmasetiawan, 2004):

1. Memanfaatkan sifat-sifat hidrolis dengan pengaturan air tanah sehingga aliran lindi tidak menuju ke arah air tanah.
2. Mengisolasi TPA agar air eksternal tidak masuk dan lindi tidak keluar.
3. Mencari lahan yang mempunyai tanah dasar yang mempunyai kemampuan baik dalam menetralkan cemaran.
4. Mengembalikan lindi (resirkulasi) ke arah timbunan sampah, mengalirkan lindi menuju pengolah air buangan domestik.
5. Pengolahan lindi dengan mengalirkan pada suatu *artificial wetland*.
6. Mengolah lindi dengan pengolahan sendiri, yang biasa digunakan adalah:
  - a. Pengolahan fisika kimia, biasanya koagulasi-flokulasi-pengendapan.
  - b. Pengolahan secara aerob, biasanya dengan proses lumpur aktif, kolam stabilisasi atau kolam aerasi.
  - c. Pengolahan secara anaerob, biasanya kolam stabilisasi.
  - d. Pemanfaatan sifat-sifat sorpsi seperti karbon aktif.

Pemilihan lokasi untuk sarana pengolahan lindi harus dievaluasi berdasarkan topografi, tata guna lahan, pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar dan analisis ekonomi. Beberapa prinsip yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi sarana pengolahan air limbah antara lain adalah sebagai berikut (Qasim, 1994):

1. Instalasi Pengolahan Lindi sebaiknya dibangun pada tempat dengan elevasi rendah agar memungkinkan penyalurannya secara gravitasi.
2. Lokasi pengolahan lindi bukan pada tanah atau area yang akan dikembangkan.
3. Lokasi bukan pada daerah atau tempat yang sering terkena banjir.
4. Terdapat jalur untuk akses masuk ke lokasi pengolahan lindi yang dapat selalu dilewati.
5. Lokasi pengolahan lindi tidak jauh dengan saluran atau sungai atau badan air alami yang mampu menerima efluen dari pengolahan.
6. Struktur tanah mampu untuk mendukung bangunan pengolahan lindi.
7. Lokasi pengolahan lindi mempunyai *slope* yang dapat mengalirkan air limbah secara gravitasi dari unit pengolahan satu ke unit pengolahan lainnya.

8. Lokasi bukan merupakan tempat yang mempunyai nilai sejarah atau arkeologi atau wilayah yang dilindungi oleh pemerintah.

Dalam timbunan sampah, lindi yang terbentuk akan merembes ke bawah akibat gravitasi. Rembesan ini akan berakhir pada bagian yang terendah dimana lindi tidak mampu merembes lebih dalam lagi. Di TPA gerakan lindi akan terhenti di dasar sel dimana lindi mencapai lapisan yang kedap air, selanjutnya lindi akan mengalir di atas permukaan kedap air menuju permukaan sel yang paling rendah. Untuk membantu aliran lindi di atas dasar sel tersebut diperlukan suatu fasilitas yang mampu menjamin aliran lindi dapat terkumpul di suatu titik terendah sebelum kemudian disalurkan keluar menuju kolam penampung atau fasilitas pengolahan selanjutnya (Darmasetiawan, 2004).

#### **2.1.7. Pengolahan Lindi**

Seperti umumnya air limbah (Tchobanoglous et al., 1993), lindi yang konstituen pencemarnya hampir sama dengan air limbah, membutuhkan pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan terhadap lindi bertujuan untuk meminimalkan risiko pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh lindi, jadi pengolahan lindi untuk mendapatkan kualitas lindi yang dibuang ke badan air sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Sebelum sistem pengolahan dibuat, jumlah dan komposisi lindi harus diketahui terlebih dahulu. Ada tiga alasan utama untuk menilai kualitas lindi sebelum tipe pengolahan ditentukan, yaitu: mengidentifikasi apakah sampah tersebut berbahaya atau tidak; mendesain sistem pengolahan limbah cair; mengembangkan daftar bahan kimia yang digunakan untuk program pemantauan air tanah.

Pengolahan lindi sering mengalami kesulitan karena tingginya kandungan organik, komposisi dan produksi lindi yang tidak rata, kandungan bahan yang dapat terdegradasi bervariasi, dan rendahnya kandungan fosfor (jika digunakan pengolahan biologi). Beberapa penulis menjelaskan pilihan untuk pengolahan lindi, umumnya dipilih pengolahan setempat (*on-site treatment*). Sebagai contoh unit pengolahan lindi pada *landfill* Al Turi di *Orange County*, New York, menggunakan koagulasi polimer, flokulasi dan sedimentasi, yang menggunakan proses biologi secara anaerob, pengolahan biologi aerob dua

tahap (*two-stage*), serta filtrasi. Pengolahan awal juga dibutuhkan untuk mengolah kontaminan tertentu yang dapat menjadi masalah dalam bangunan pengolahan air limbah. Pengolahan dengan menggunakan kapur yang tinggi juga diterapkan di *Alachua Country, Florida* pada *Southwest Landfill* untuk mengatasi beban logam berat dalam unit pengolahan (Vesilind, *et all.*, 2002).

Beberapa urutan alternatif yang dapat dilakukan dalam mengolah lindi dengan efisien adalah melalui (Darmasetiawan, 2004):

#### 1. Penguapan lindi

Cara paling sederhana dalam menangani lindi adalah dengan metode penguapan, dimana lindi ditampung dalam suatu kolam yang kedap dan dibiarkan mengalami proses penguapan alamiah oleh panasnya matahari dan keringnya udara. Dalam kondisi yang ideal maka lindi akan semakin pekat karena sebagian besar air telah menguap, dan akhirnya menjadi lumpur yang pekat. Lumpur yang terbentuk selanjutnya dapat dihisap dengan pompa atau digali bila cukup kering untuk digunakan sebagai salah satu media penutup sampah. Permasalahan dari metode penguapan adalah dibutuhkannya lahan yang relatif luas serta kondisi iklim yang relatif kering agar penguapan dapat berlangsung secara intensif. Metode penguapan ini baru sangat efektif di kota-kota dengan kondisi iklim yang relatif kering seperti wilayah Pulau Madura dan Nusa Tenggara Timur. Terlebih bila harga tanah masih murah sehingga dapat disediakan kolam penguapan yang cukup besar. Ukuran kolam untuk proses penguapan lindi sangat dipengaruhi oleh proses penguapan yang dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban udara.

#### 2. Pensirkulasian lindi

Pengumpulan dan pensirkulasian kembali lindi kedalam timbunan sampah merupakan alternatif pengelolaan berikutnya yang dinilai efisien dalam menurunkan baik kuantitas maupun kandungan pencemar yang ada dalam lindi. Pada tahap awal pengoperasian TPA, lindi akan mengandung sejumlah besar padatan terlarut, BOD, COD, nutrisi, dan logam berat. Pada saat diresirkulasi, komponen tersebut akan tertahan dan terproses oleh mikroorganisme biologis dan berbagai proses kimia maupun fisika. Sebagai contoh, asam organik sederhana yang terkandung dalam lindi akan terproses menjadi metan dan karbondioksida. Peningkatan keasaman yang terjadi

akan menyebabkan presipitasi logam sehingga tertinggal dalam timbunan sampah.

Resirkulasi merupakan langkah pengelolaan lindi yang cukup efektif karena diperoleh beberapa keuntungan seperti :

- a. Meningkatkan proses penguapan air
- b. Menurunkan kandungan organik dalam lindi

Penelitian laboratorium dan lapangan telah membuktikan bahwa resirkulasi lindi kedalam timbunan sampah mampu menurunkan beban organik lindi hingga 90%. Dalam pengolahan lindi hal ini bukan merupakan sesuatu yang baru karena terjadi proses yang menyerupai *trickling filter* dan pengolahan anaerob pada media granular.

Komponen yang diperlukan dalam meresirkulasikan lindi adalah:

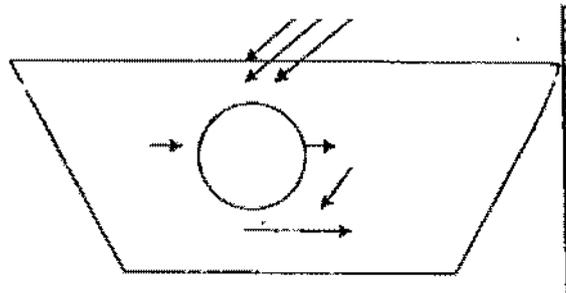
- a. Kolam pengumpul
- b. Pompa resirkulasi
- c. Sistem perpipaan sirkulasi

### 3. Pengolahan Lindi

Pengolahan lindi merupakan langkah yang harus dilakukan bila cara pengelolaan sebelumnya tidak dapat diterapkan karena berbagai alasan. Pada prinsipnya untuk TPA yang menampung sampah perkotaan dimana komponen utamanya berupa sampah organik maka pengolahan biologis merupakan inti pembahasan yang harus dilakukan. Berkenaan dengan pengolahan biologis maka dikenal 2 macam sistem pengolahan yang dapat diterapkan yaitu pengolahan secara alami dengan memanfaatkan kolam-kolam stabilisasi maupun pengolahan secara mekanis untuk meningkatkan transfer oksigen bagi proses tersebut.

#### a. Pengolahan alamiah

Pengolahan alamiah berarti menggantungkan proses pengolahan pada kemampuan alam untuk melakukannya. Di Indonesia atau negara tropis lainnya hal ini dimungkinkan karena adanya sumber energi matahari yang tersedia melimpah sepanjang tahun. Sinar matahari akan membantu proses pembentukan oksigen oleh *chlorofil* yang dimiliki *algae* dalam kolam stabilisasi sehingga dapat berlangsung dekomposisi aerob secara alamiah sesuai proses berikut:



**Gambar 9.** Proses Pengolahan Alamiah di Kolam Stabilisasi  
*Sumber : Darmasetiawan, 2004*

Pada proses ini, oksigen untuk kebutuhan mikroorganisme disediakan oleh proses fotosintesa. Konsekuensi dari proses ini adalah akan diperlukannya area yang luas agar sinar matahari dapat diterima dan dimanfaatkan untuk proses tersebut.

b. Pengolahan mekanis

Bila lahan untuk kolam tidak tersedia, maka proses penyediaan oksigen dapat dilakukan secara mekanis dengan menggunakan peralatan berupa aerator, yang melakukan transfer oksigen dari udara ke dalam air dengan tenaga listrik. Pengolahan lindi secara mekanis akan mencakup beberapa tahapan yaitu :

A. Pengolahan pendahuluan

Tahap dimana akan berlangsung proses pendahuluan yang umumnya berupa proses penyaringan, pengendapan dan penyesuaian beban. Pada tahap ini sebagian dari materi organik yang berupa suspensi akan mengendap menjadi lumpur yang secara bertahap dapat dikeluarkan, juga dilakukan pengaturan debit aliran yang masuk ke pengolahan berikutnya agar tercipta beban yang rata untuk setiap saat, yang sangat diperlukan bagi instalasi agar dapat beroperasi dengan baik.

B. Pengolahan biologis

Pada tahap ini materi organik akan dimakan dan diuraikan oleh aktivitas mikroorganisme menjadi senyawa lain yang lebih sederhana baik secara aerob maupun secara anaerob. Beberapa metode yang sering digunakan diantaranya: kolam aerasi/stabilisasi, proses lumpur aktif, proses kontak aerasi, *trickling filter*, *rotary disk*, dan lain-lain. Apapun pengolahan yang

akan digunakan harus mempertimbangkan efektivitas pembiayaan, kemampuan pengoperasian dan pemeliharaan.

### C. Pengolahan kimia fisik

Ditujukan untuk mengurangi kandungan COD, warna, logam berat dan E.Coli yaitu melalui beberapa alternatif pengolahan seperti: pengendapan, solidifikasi, oksidasi ozon, filter pasir, karbon aktif, dan lain-lain.

Pengolahan lindi yang biasa digunakan adalah pengolahan secara biologi (menggunkan sifat dasar alam untuk mengolah limbah) dan pengolahan fisik/kimia (menggunkan bahan kimia untuk memisahkan zat pencemar yang ada dalam cairan lindi). Pengolahan secara biologi dapat menghilangkan organik terlarut; logam berat; nutrien, misalnya nitrogen, fosfor, dan koloid. Sedangkan proses fisik/kimia antara lain: *ammonia stripping* untuk mengurangi *ammonia toxic*; absorpsi karbon untuk menghilangkan komponen organik; oksidasi kimia untuk disinfeksi; *ion exchange* untuk menghilangkan elemen logam yang dapat larut, anion, dan asam; presipitasi; flokulasi dan sedimentasi untuk menghilangkan partikulat dan logam berat yang terlarut; *reverse osmosis* untuk memisahkan garam terlarut dan organik terlarut (Tchnobanoglous, 1993).

Penentuan rencana pengolahan dapat dilakukan seperti pembagian grup I dimana beban organik tinggi (80% organik karbon), komponen logam tinggi dan pH rendah. Grup III bahan organik tidak terlalu banyak, terjadi pengurangan konsentrasi logam berat disertai peningkatan pH. Sedangkan grup II merupakan tingkatan antara. Pengolahan pendahuluan pada grup I untuk mengubah logam-logam, umumnya dilakukan dengan presipitasi kimia, pengumpulan dan penggunaan kembali, penampungan dalam kolam dan juga penyaringan dengan menggunakan karbon (Nemerow&Avijit dalam Hendrawan, 1997). Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Penentuan Rencana Pengolahan Lindi

Grup I	Grup II	Grup III
pH < 6,5 BOD/COD > 0,3	6,5 < pH < 7,5 0,3 < BOD/COD < 0,1	pH > 7,5 BOD/COD < 0,1
Pengolahan Pendahuluan untuk mengubah logam	Pengolahan Pendahuluan	Koagulasi-flokulasi
↓	↓	↓
Extended aeration	Extended aeration	Sedimentasi-filtrasi
↓	↓	↓
Koagulasi-flokulasi	Koagulasi-flokulasi	<i>activated carbon</i>
↓	↓	
Sedimentasi-filtrasi	Sedimentasi-filtrasi	
↓	↓	
<i>activated carbon</i>	<i>activated carbon</i>	

Sumber : Millot & Courant dalam Hendrawan, 1997.

Metode yang biasa digunakan untuk mengolah lindi diantaranya adalah (Bebassari, 2006):

1. Pengolahan pada saat sampah diolah

Pada beberapa kasus, lindi dapat muncul pada aliran limbah cair pada saat sampah diolah, baik itu diolah secara biologi, fisika, atau kimia. Pengolahan secara biologi dapat dilakukan setelah pengolahan secara kimia dan fisika untuk membuat cairan lebih cocok diolah dengan proses biologi karena efisiensi keseluruhan pengolahan biasanya dapat dicapai dengan memisahkan komponen anorganik terlebih dahulu, kemudian memisahkan komponen organik.

2. *On-site treatment*

*On-site treatment* mereduksi COD dan BOD konsentrasi tinggi. Waktu tinggal 5 sampai 10 hari dapat menghasilkan efisiensi penyisihan COD dan ammonia 90%. Nitrifikasi ammonia konsentrasi tinggi dapat dicapai dengan menggunakan *extended aeration* dan peningkatan temperatur. Penambahan asam fosfor diperlukan untuk pertumbuhan mikroba dan penambahan sodium hidroksida untuk penstabilan pH. Pengoperasian parameter bervariasi

tergantung pada kualitas lindi. Pengolahan secara aerob dapat mengurangi kadar COD dan ammonia. Namun efluen yang dihasilkan kadar CODnya masih relatif tinggi dan daya konduksinya masih tinggi. Metode ini sudah digunakan secara luas pada pengolahan *on-site* dari lindi yang berasal dari pengolahan sampah domestik.

### 3. Resirkulasi

Resirkulasi merupakan teknik lain untuk mengolah lindi. Ketika lindi disirkulasi melalui gundukan sampah, akan mempercepat proses dekomposisi pada lahan urug saniter, menghasilkan waktu yang pendek untuk proses penstabilan lahan urug saniter. Tujuan dari resirkulasi adalah mengurangi volume lindi dengan cara absorpsi, menciptakan komposisi lindi seragam agar operasionalnya lebih mudah, mengurangi zona kering pada sampah, mengurangi kapasitas absorpsi dan mengurangi kecepatan aliran fluktuasi lindi, meningkatkan proses degradasi materi organik berbahaya dan limbah lain yang dapat didegradasi. Kekurangannya adalah baunya tidak sedap; permukaannya menjadi banjir; alirannya dapat menyebabkan pencemaran dan masalah kesehatan; tanpa *pre-treatment*, komponen anorganik yang tidak diinginkan akan bertambah, seperti klorida dan ammonia; terjadinya *clogging* pada sistem resirkulasi di bawah permukaan tanah.

#### 1. Pengolahan Pendahuluan (*Primary Treatment*)

Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk menghilangkan parameter kandungan di dalam limbah cair yang dapat mengganggu proses pengolahan limbah. Di dalam pengolahan tahap pertama, sebagian *suspended solid* dan zat organik dihilangkan dari air limbah. Pengolahan ini biasanya dilengkapi dengan pengolahan fisik seperti *screening* dan sedimentasi. Efluen limbah dari pengolahan tahap pertama akan masuk ke pengolahan tahap kedua dan seterusnya. Pengolahan tahap pertama juga dilakukan untuk mempersiapkan limbah masuk ke pengolahan secara biologi. Pengolahan pendahuluan antara lain terdiri atas *screening*, ekualisasi, prasedimentasi, dan lainnya (Peavy, 1985).

#### Ekualisasi

Ekualisasi bertujuan untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi air limbah dalam rangka untuk mendapatkan kondisi yang optimum untuk terjadinya

pengolahan. Jenis dan ukuran bak ekualisasi bervariasi sesuai dengan jumlah air limbah dan variasi aliran air limbah (Eckenfelder, 2000). Keuntungan pemakaian ekualisasi adalah sebagai berikut (Reynold, 1982):

1. Memberikan aliran air limbah yang konstan.
2. Pengolahan biologi dapat dinaikkan karena *shock loading* dapat diminimalkan.
3. Homogenisasi air limbah.
4. Dapat membantu meningkatkan *removal* dari *suspended solid*.

Dalam peletakan unit ekualisasi, harus dipilih peletakan yang tepat agar prosesnya bisa berjalan dengan optimum. Beberapa pertimbangan dalam peletakan ekualisasi ini adalah (Tchobanoglous, 1991):

1. Ekualisasi sesudah pengolahan pendahuluan dan sebelum pengolahan biologi layak diterapkan karena dapat mengurangi permasalahan lumpur.
2. Ekualisasi setelah pengolahan pendahuluan menimbulkan masalah lumpur dan sampah.
3. Jika ekualisasi diletakkan sebelum bak pengendap I dan pengolahan biologi, maka harus dilengkapi *mixing* untuk mencegah endapan.

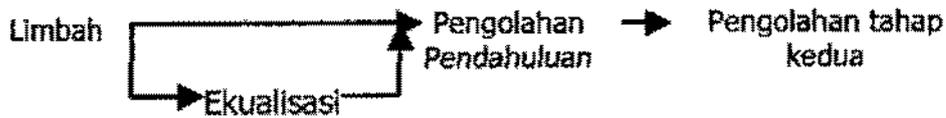
Penambahan *mixing* dilakukan untuk menjamin proses equalisasi berjalan baik dan mencegah pengendapan padatan didasar bak (Eckenfelder, 2000). Bak ekualisasi dapat didesain dengan volume bervariasi agar memenuhi aliran yang konstan atau dengan volume dan efluen yang konstan tetapi dengan influen yang bervariasi (Eckenfelder, 2000). Bak ekualisasi dapat diletakkan secara *in-line* (langsung sebagai bagian dari flow diagram) dan *off-line* (tidak langsung berada pada sistem pengolahan) (Tchobanoglous, 1991).

Tipe ekualisasi dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini:

*Ekualisasi in-line :*



*Ekualisasi off-line :*



**Gambar 10.** Tipe Ekualisasi *In-line* dan *Off-line*  
*Sumber: Tchobanoglous, 1991*

## 2. Pengolahan Tahap Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan tahap kedua bertujuan menghilangkan zat organik terlarut dan padatan tersuspensi di dalam limbah cair. Pengolahan tahap kedua ini dilakukan secara fisik, kimia dan biologi, baik secara aerob maupun anaerob (Peavy, 1985). Unit pengolahan pada tahap kedua ini antara lain koagulasi-flokulasi, filtrasi, oksidasi kimia, adsorpsi karbon, dan proses lainnya yang dapat digunakan untuk menghilangkan padatan serta mereduksi BOD menjadi level yang diizinkan.

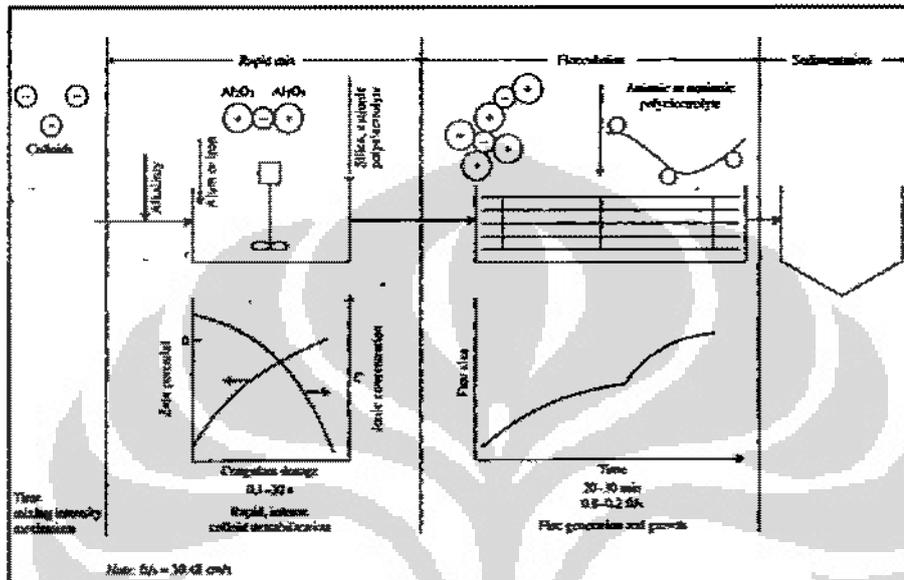
### Koagulasi–Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi dikatakan berhasil apabila pemisahan zat padat secara kimiawi berhasil dan dapat terbentuk flok yang baik. Pada prinsipnya ada dua aspek penting dalam koagulasi-flokulasi, yaitu:

- a. Pembubuhan bahan kimia koagulan
- b. Pengadukan bahan kimia tersebut dengan air baku

Aplikasi dari koagulasi dan flokulasi dilakukan dalam dua reaktor yang berbeda yaitu koagulator dan flokulator. Pada proses koagulasi zat kimia koagulan dicampur dengan air baku selama beberapa saat hingga merata di suatu reaktor koagulator. Setelah pencampuran ini akan terjadi destabilisasi dari koloid zat padat yang ada di air baku. Keadaan ini menyebabkan tergumpalnya koloid menjadi ukuran yang lebih besar. Proses koagulasi ini dilakukan dalam satu tahap dan dalam waktu yang relatif cepat. Dalam proses ini koloid yang telah kehilangan muatannya atau terdestabilisasi akan tarik menarik sehingga cenderung untuk membentuk gumpalan yang lebih besar. Air yang sudah mengalami proses koagulasi ini dialirkan ke reaktor kedua untuk proses penggumpalan/flokulasi. Reaktor yang kedua ini disebut sebagai flokulator. Flok-flok kecil yang sudah terbentuk di koagulator akan diperbesar di flokulator. Proses pembesaran ini dilakukan dengan cara pengadukan yang secara bertahap

dari kekuatan yang besar kemudian mengecil. Hal ini dimaksud supaya flok yang sudah terbentuk tidak mengalami perpecahan kembali. Akhir dari proses ini adalah flok yang terbentuk cukup besar untuk dapat diendapkan di bak pengendap (Darmasetiawan, 2001).



**Gambar 11.** Mekanisme Terjadinya Koagulasi dan Flokulasi  
*Sumber: Eckenfelder, 2000*

Koagulasi bertujuan untuk menghilangkan material di dalam air limbah yang berwujud koloid maupun suspensi. Koloid adalah partikel dengan rentang ukuran 1 nm ( $10^{-7}$  cm)–0,1 nm ( $10^{-8}$  cm). Partikel ini tidak dapat mengendap dan tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan secara fisik. Untuk itu diperlukan penambahan koagulan atau zat kimia untuk menghilangkan kestabilan koloid di dalam air limbah. Koloid umumnya bermuatan negatif, sehingga untuk menghilangkan kestabilannya, maka koagulan yang ditambahkan harus bermuatan positif (Eckenfelder, 2000). Ada dua jenis bahan kimia koagulan yang umum dipakai, yaitu (Darmasetiawan, 2001) :

- Koagulan garam logam: Feri Klorida ( $FeCl_3$ ), Fero Klorida ( $FeCl_2$ ), Aluminium Sulfat atau tawas ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Feri Sulfat ( $Fe_2(SO_4)_3$ ).
- Koagulan polimer kationik: Poly aluminium Chlorida (PAC), Chitosan.

## Sedimentasi

Sedimentasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi dari limbah cair (Eckenfelder, 2000). Proses di dalam sedimentasi dibedakan menjadi 3 proses:

### 1) Pengendapan Diskrit

Pengendapan Diskrit terjadi dimana partikel mengendap secara individual, dan partikel tidak berubah ukuran, bentuk, dan beratnya selama proses pengendapan di dalam zat cair. Pada pengendapan diskrit efisiensi pemindahan partikel hanya tergantung pada kecepatan *overflow* saja.

### 2) Pengendapan Flokulan

Pengendapan Flokulan terjadi jika partikel menggumpal selama proses pengendapan, sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk. Menurut Kawamura (1991), pengendapan flokulan terjadi jika kecepatan partikel meningkat bersamaan dengan bertambahnya kedalaman partikel di dalam bak. Kebanyakan padatan tersuspensi di dalam limbah cair berada dalam fase flokulan. Pada pengendapan flokulan, efisiensi tergantung pada kecepatan dan waktu detensi.

### 3) Pengendapan Zone

Pengendapan zone melibatkan suspensi terflokulasi dalam bentuk kecil dan mengendap sebagai massa dengan lapisan yang tegas selama proses pengendapan.

**Tabel 5.** Hubungan Diameter dan Kedalaman Pengendapan

Diameter Pengendapan (m)	Kedalaman air pada pengendapan (m)	
	Minimal	Disarankan
< 12	3,0	3,4
12 - 20	3,4	3,7
20 - 30	3,7	4,0
30 - 42	4,0	4,3

Sumber: Eckenfelder, 2000

## Aerasi

Aerasi digunakan untuk mentransfer oksigen untuk pengolahan biologi, untuk *stripping* pelarut dari air limbah, dan untuk menghilangkan gas yang mudah menguap seperti  $H_2S$  dan  $NH_3$ . Pengertian aerasi adalah mentransfer massa dari

fase gas ke cair dengan difusi. Aerasi terjadi jika tenaga gerak melebihi kesetimbangan. Pada fase gas, tenaga gerak adalah gradien tekanan parsial. Sedangkan pada fase cair, tenaga gerak merupakan gradien konsentrasi (Eckenfelder, 2000). Tingkat difusi molekul dari gas terlarut dalam cairan tergantung dari karakteristik gas dan cairan, temperatur, gradien konsentrasi, dan area yang dilewati dimana difusi terjadi. Peralatan aerasi yang dipergunakan antara lain:

- 1) Unit Difusi Gas
- 2) Aerasi sistem turbin, dimana udara dilewatkan dibawah pisau yang berputar (Impeller).
- 3) Aerator permukaan, dimana transfer oksigen dilakukan dengan turbulensi yang tinggi dari permukaan dan semburan air.

Ada 2 tipe aerator permukaan yaitu *draft tube* dan *Surface Impeller*. Untuk kedua tipe, transfer oksigen disebarkan dari permukaan limbah dengan tekanan besar dan volume yang besar. Tingkat transfer dipengaruhi oleh diameter impeller dan kecepatan rotasinya, serta tingkat kedalaman dari alat pemutar. Dibawah kondisi tercelup, tingkat transfer gas per unit *Horse Power*-HP (W) kembali relatif konstan sepanjang diameter impeller. Jumlah oksigen yang ditransfer ke permukaan limbah merupakan fungsi dari power level, dan keseluruhan transfer oksigen umumnya meningkat dengan meningkatnya transfer level (Tchobanoglous dan Burton, 1991).

Lebih lanjut dijelaskan, untuk menjaga keseragaman DO, membutuhkan power level 6–10 hp/millgal ( $1,2-2,0 \text{ W/m}^3$ ). Untuk menjaga padatan biologi dalam suspensinya, kecepatan dasar 0,4 ft/s (12 cm/s) dibutuhkan 5000 mg/L MLSS. Untuk mencegah pembersihan dasar bak, kedalaman minimum 6–8 ft (1,8–2,4 m). Untuk menjaga solid tetap dalam bentuk suspensi, maksimum kedalaman 12 ft (3,7 m) untuk *high speed aerator*, dan 16 ft (4,9 m) untuk *low speed aerator*. *Brush Aerator* menggunakan *high speed rotating* yang menyemburkan cairan ke permukaan bak. *Performance brush aerator* dipengaruhi oleh kecepatan rotasi dan kedalaman *brush aerator*.

### **Unit Proses Biologis**

Pengolahan biologi dapat mereduksi bahan organik mudah terurai, biasanya diukur dari BOD, COD, dan TOC juga proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang berlangsung sempurna, mengubah fosfat dan menstabilkan limbah. Proses biologis umumnya tidak terlalu mahal dibanding dengan proses fisika-kimia. Lindi yang berasal dari lahan urug saniter muda dan tua berbeda dalam perbandingan konsentrasi BOD dan COD. Pengolahan biologis pada lindi tua difokuskan pada pengurangan nitrogen. Bila perubahan temperatur dalam pengolahan lindi menjadi sangat rendah memerlukan waktu tinggal yang relatif lama dalam *lagoons* dan kolam *activated sludge*.

Tchobanoglous dan Burton (1991) menyebutkan, bahwa berdasarkan analisis dan kontrol lingkungan, hampir semua limbah cair dapat diolah dengan cara biologi. Objek dari pengolahan biologi adalah koagulasi dan pemisahan padatan koloid yang tidak mengendap dan menstabilisasi senyawa organik. Pemisahan limbah dari yang bersifat karbon BOD, koagulasi padatan koloid yang tidak mengendap, dan stabilisasi senyawa organik dikerjakan oleh berbagai macam organisme, pada umumnya adalah bakteri. Mikroorganisme digunakan untuk mengubah koloid dan senyawa organik yang terlarut menjadi berbagai macam gas dan jaringan sel. Karena jaringan sel memiliki massa jenis yang lebih besar dari air maka jaringan sel ini akan mengendap dengan cara gravitasi.

Untuk melangsungkan reproduksi dan fungsinya, suatu organisme harus memiliki sumber energi, karbon sebagai sintesa untuk sel yang baru, dan elemen anorganik seperti nitrogen, fosfor, sulfat, potasium, kalsium dan magnesium. Nutrien organik juga dibutuhkan untuk sintesa sel. Karbon, substrat dan nutrien organik dibutuhkan oleh berbagai jenis mikroba. Dua hal yang biasa digunakan sebagai sumber dari sel karbon untuk mikroorganisme adalah senyawa organik dan karbondioksida. Organisme yang menggunakan senyawa organik untuk menyusun jaringan sel disebut *heterotrof*, sedangkan mikroorganisme yang menggunakan karbondioksida sebagai penyusun jaringan selnya disebut *autotrof*. Organisme autotrof dapat mengeluarkan energi lebih untuk sintesa daripada *heterotrof* (Tchobanoglous & Burton, 1991).

Selain karbon atau sumber energi, nutrisi sangat dibutuhkan bagi sintesis sel mikroorganisme. Prinsipnya nutrisi anorganik yang dibutuhkan oleh mikroorganisme adalah N, P, S, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Minor nutrisi juga sangat penting seperti Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, Ni. Kebutuhan nutrisi organik adalah senyawa yang dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan pokok dari bahan organik sel yang tidak dapat disintesis dari sumber karbon lain.

Proses pengolahan biologis dapat diterapkan secara anaerob dan aerob. Proses penanganan limbah dengan sistem anaerob dan aerob memerlukan bakteri sebagai pemecah bahan. Bakteri anaerob akan merombak cairan limbah menjadi metana, karbondioksida, dan air. Proses pengolahan secara anaerob berlangsung antara 6-18 jam bergantung pada tipe limbahnya. Pada permukaan cairan terlihat gelembung-gelembung gas yang keluar secara perlahan menandakan proses perombakan secara biologi sedang berlangsung. Gas metana dapat dikumpulkan dan digunakan untuk menjalankan bioreaktor dengan pengaturan suhu pada 35°C, dimana merupakan suhu optimum untuk pertumbuhan mikroba. Air yang keluar kemudian dipompa ke kolam aerob dimana bakteri aerob akan menguraikan bahan-bahan organik. Proses penguraian aerob (biasanya dengan bantuan aerasi) berfungsi untuk mengurangi BOD dan mencegah beberapa bahan toksik sebelum limbah tersebut dikeluarkan. BOD adalah jumlah O<sub>2</sub> yang digunakan oleh bakteri untuk menguraikan bahan secara aerob. Semakin besar jumlah O<sub>2</sub> yang masuk, semakin cepat proses penguraian aerob berlangsung dan semakin kecil nilai BOD. Tidak semua bakteri aerob dapat mereduksi bahan beracun. Bakteri aerob tidak dapat memecah *organochlorines*, yaitu senyawa kimia yang termasuk *chlorinated dioxine* dan *furans*. Proses penguraian secara aerob yang tidak berlangsung sempurna akan membentuk bahan toksik baru. Sebagai contoh, apabila *polyaromatic* tidak terurai sempurna, akan terbentuk bahan *toxid epoxid* (Sole dalam Hadiyanti, 2007).

#### **a. Proses Pengolahan secara Anaerob**

Proses degradasi anaerob merupakan proses interaksi mutual yang kompleks antar berbagai mikroba yang berbeda dimana oksigen terlarut tidak ada atau ada dalam jumlah yang sangat rendah sehingga oksigen menjadi faktor pembatas berlangsungnya proses metabolisme. Pada kondisi ini, senyawa lain selain oksigen akan bertindak sebagai akseptor

elektron akhir. Jika bahan tersebut berupa bahan organik akan berlangsung proses fermentasi sedangkan jika berupa bahan anorganik pertumbuhan dikatakan mengalami proses respirasi anaerob. Secara umum persamaan untuk proses anaerob adalah (Bebassari, 2006):

Bahan organik + sel baru + energi menjadi  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{gas lain (H}_2, \text{H}_2\text{S, N}_2)$

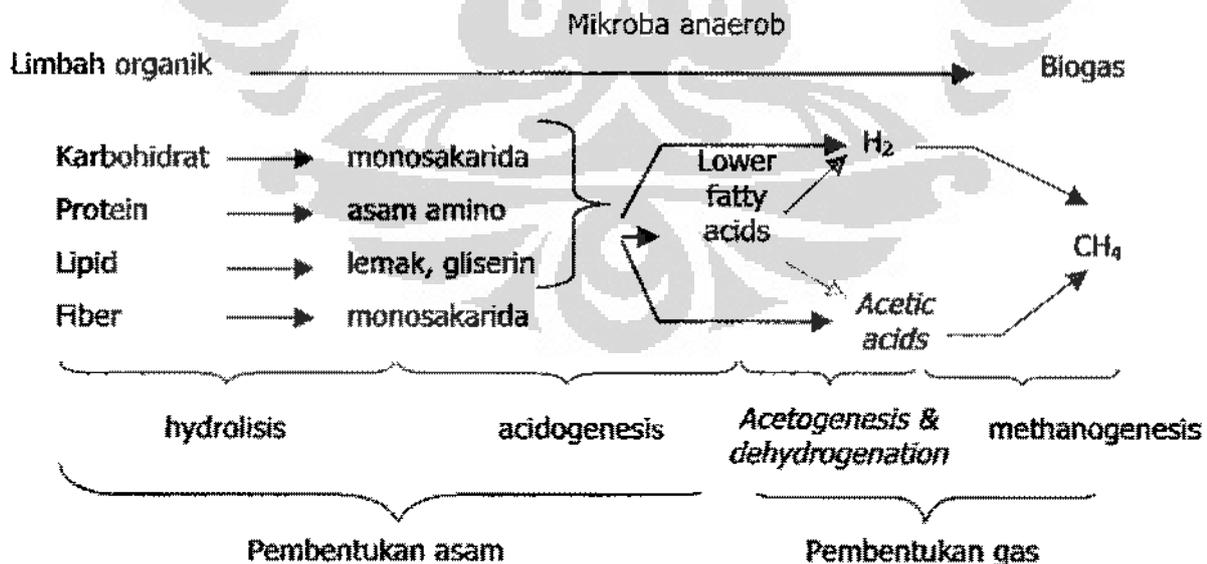
Keuntungan proses anaerob adalah (Sundra, 1999):

1. Hemat energi
2. Menghasilkan biogas  $\text{CH}_4$  ( $1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 = 8.550 \text{ kcal}$ )
3. Mengurangi pencemaran dan menghasilkan biogas sebagai sumber energi

Kerugian proses anaerob adalah :

1. Reaksi penguraian polutan lambat
2. Sangat sensitif terhadap udara, perubahan suhu dan fluktuasi beban.

Pada proses fermentasi methana, hampir semua polimer organik dapat diuraikan menjadi senyawa karbon tunggal. Keseluruhan tahapan proses anaerob secara umum dapat dijelaskan pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Mekanisme Penguraian Zat Organik pada Proses Biologi Anaerob

Sumber: *Bebassari, 2006*

Pada prinsipnya proses anaerob terdapat dua tahap proses biokimia, yaitu tahap pembentukan asam dan tahap pembentukan gas. Pembentukan asam dilakukan oleh bakteri fakultatif dan terdiri atas dua subproses biokimia. Tahap pertama berupa hidrolisis substrat yang kompleks menjadi bentuk yang sederhana dengan suatu *extra cellular* enzim dari bakteri fakultatif. Tahap selanjutnya bakteri akan mengabsorpsi organik yang sederhana tersebut dan menguraikannya menjadi asam asetat, asam propionat, dan asam butirat.

Untuk mempertahankan sistem dalam keadaan anaerob yang akan menstabilkan limbah organik secara efisien, bakteri methanogenesis dan non methanogenesis harus dalam kesetimbangan dinamik. pH juga harus dijaga dalam rentang 6,5–8 dan alkalinitas harus cukup untuk menjamin bahwa pH tidak akan turun di bawah 6. Konsentrasi alkalinitas sebaiknya dijaga antara 1000–5000 mg/l dan *volatile fatty acids* kurang dari 250 mg/l. Temperatur optimum berada pada suhu 30–38°C untuk bakteri mesophilic (Marsono, 2002).

Tipe reaktor anaerob, antara lain (Marsono, 2002):

a. *Fixed bed reactor*

Prinsip operasi dari suatu *fixed bed reactor* adalah bahwa aliran air limbah dapat menuju ke atas (*upward*) ataupun ke bawah (*downward*) melalui suatu kolom yang terisi media pendukung. Permukaan media tersebut berfungsi untuk menempel mikroba dan untuk menangkap flok yang tidak dapat menempel. Mikroba yang menempel tersebut yang bertanggung jawab dalam stabilisasi limbah. Berbagai macam tipe, bentuk, dan ukuran media pendukung telah banyak digunakan, seperti kwarsa, plastik, *clay*, batuan, polimer, *activated carbon*, dan pasir.

b. *Expanded/Fluidized Bed Reactor*

Pada reaktor tipe ini banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau tereksansi (bergerak melayang-layang) secara vertikal, dengan aliran ke atas (*up flow*). Besarnya kecepatan vertikal dicapai dengan mengatur besarnya tingkat

resirkulasi. Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah sistem operasi stabil dan ekonomis.

**c. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)**

Pada prinsipnya reaktor UASB terdiri atas suatu lumpur yang padat berbentuk butiran. Lumpur tersebut ditempatkan dalam suatu reaktor yang didesain dengan aliran keatas. Air limbah akan masuk melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertikal, sedangkan butiran lumpur akan tetap berada atau tertahan dalam reaktor. Kecepatan *upflow* harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga dapat menciptakan pembentukan *sludge blanket* yang memberikan area yang luas untuk kontak antara lumpur dan air limbah.

**Tabel 6.** Parameter Desain untuk Proses Anaerob

Tipe Reaktor	COD input (mg/l)	HRT (jam)	Beban Organik (lb COD/ft <sup>3</sup> .hari)	Penyisihan COD (%)
<i>Anaerobic Contact Process</i>	1500-5000	2-10	0,03-0,15	75-90
UASB	5000-15000	4-12	0,25-0,75	75-85
<i>Fixed Bed</i>	10000-20000	24-48	0,06-0,30	75-85
<i>Expanded Bed</i>	5000-10000	5-10	0,30-0,60	80-85

Sumber: Marsono, 2002

**b. Proses Pengolahan secara Aerob / Kolam Aerasi**

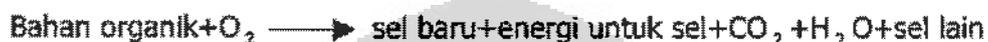
Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah. Pada proses aerob air limbah yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hidrogen, maupun karbondioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen (Said, 2002). Difusi oksigen merupakan faktor yang perlu diperhatikan (Metcalf&Eddy, 1991).

Ada dua tipe kolam aerasi yaitu (Eckenfelder, 2000):

- a) Kolam aerob dimana oksigen terlarut dan padatan tersuspensi semuanya diolah sempurna dalam satu kolam
- b) Kolam aerob-anaerob atau fakultatif, dimana oksigen akan diolah di bagian atas kolam, tetapi hanya porsi padatan tersuspensi yang akan dibuat menjadi tersuspensi.

Sistem penguraian aerob umumnya dioperasikan secara kontinu.

Persamaan umum reaksi penguraian secara aerob adalah sebagai berikut:



Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme proses aerob (Said, 2002):

#### 1. Temperatur

Temperatur tidak hanya mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi juga mempengaruhi beberapa faktor seperti kecepatan transfer gas dan karakteristik pengendapan lumpur. Temperatur digolongkan menjadi tiga, yaitu mesofilik 4-39°C, termofilik 40-55°C, dan psikofilik yang dioperasikan pada suhu dibawah 4°C (Eckenfelder, 2000). Pada temperatur rendah, pertumbuhan tidak terjadi. Pertumbuhan akan terjadi dan semakin meningkat sejalan dengan kenaikan temperatur sampai pada titik maksimum. Temperatur yang sesuai pada titik ini dinamakan temperatur optimum (Benefield dan Randall, 1980).

#### 2. pH

Nilai pH merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa bakteri dapat hidup pada pH diatas 9,5 dan di bawah 4,0. Secara umum pH optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah sekitar 6,5-8,5 (Sundstrom dan Klei, 1979).

#### 3. Waktu Tinggal Hidrolis

Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) adalah waktu perjalanan limbah cair di dalam reaktor, atau lamanya proses pengolahan limbah cair tersebut. Semakin lama waktu tinggal, maka penyisihan akan semakin besar.

#### 4. Nutrien

Di samping kebutuhan karbon dan energi, mikroorganisme juga membutuhkan nutrien untuk sintesa sel dan pertumbuhan. Kebutuhan nutrien tersebut dinyatakan dalam bentuk perbandingan antara karbon dan nitrogen serta phosphor yang merupakan nutrien anorganik utama yang diperlukan mikroorganisme dalam bentuk BOD:N:P.

Kolam aerob adalah salah satu bentuk pengolahan secara biologis yang paling sederhana. Dengan kolam ini, kondisi aerob akan terpelihara dengan adanya alga dan bakteri. Ada dua tipe pengolahan kolam aerob, yaitu *type high rate* yaitu dengan memaksimalkan produksi alga pada kedalaman kolam sekitar 15–45 cm. Tipe yang kedua biasanya disebut sebagai kolam stabilisasi dengan cara memaksimalkan konsentrasi oksigen yang dihasilkan. Kedalaman kolam sampai 1,5 m. Untuk mencapai hasil yang terbaik, kolam diaduk secara periodik dengan pompa atau *surface aeration*. Prinsip pengolahan ini adalah bahan organik yang terlarut dalam air dioksidasi oleh bakteri aerob dan fakultatif dengan menggunakan oksigen yang dihasilkan oleh alga yang tumbuh di sekitar permukaan air.

**Tabel 7.** Parameter Desain untuk Kolam Aerob dan Kolam Fakultatif

Parameter Desain	Aerob	Fakultatif
Kedalaman (m)	0,2 – 0,3	1 - 25
Waktu detensi (hari)	2 – 6	7 - 50
Beban BOD (kg/ha/hari)	111 - 222	22 - 55
Penyisihan BOD (%)	80 - 95	70 - 95
Konsentrasi alga (mg C/L)	100	10 - 50

Sumber: Marsono, 2002

Kolam aerasi dengan pertumbuhan tersuspensi merupakan kolam dari tanah yang relatif dangkal dengan kedalaman 2-5 m. Dilengkapi dengan aerator mekanik yang digunakan untuk menambah oksigen untuk pengolahan secara biologi dari air limbah untuk menjaga *biosolid* yang tersuspensi.

**Tabel 8.** Kriteria Desain Kolam Aerasi

Parameter	Satuan	Nilai
TSS	mg/L	100-400
VSS/TSS		70-80
Waktu retensi padatan (SRT)	hari	3-6
Waktu retensi hidrolis	hari	3-6
Rata-rata penyisihan BOB, k	har <sup>-1</sup>	0,5-1,5
Koefisien temperatur		1,04
Kedalaman	m	2-5
Tenaga pencampuran minimum	KW/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	5-8

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

### c. Proses Pengolahan secara Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat menjadi gas Nitrogen (N<sub>2</sub>) secara biologis pada kondisi anoxic (tanpa oksigen). Bakteri yang bertanggung jawab dalam proses denitrifikasi adalah jenis heterotrof fakultatif. Nitrit dan nitrat sebagai akseptor elektron, sedangkan organik karbon sebagai donor elektron. Apabila kandungan organik karbon dalam air buangan rendah, biasanya ditambahkan methanol (CH<sub>3</sub>OH) sebagai sumber karbon, sedangkan sumber energi diperoleh dari hasil reaksi anorganik.

Ada dua tahap konversi dalam proses denitrifikasi, yaitu:

- a. Tahap nitrat menjadi nitrit
- b. Tahap nitrit menjadi gas nitrogen

Faktor yang berpengaruh antara lain (Marsono, 2002):

- a. Konsentrasi nitrat, berpengaruh terhadap laju pertumbuhan maksimal
- b. Konsentrasi karbon
- c. Temperatur
- d. pH

Denitrifikasi dengan menggunakan sistem biologis untuk air limbah yang cukup kandungan BOD/N nya, biasanya menggunakan mikroba heterotroph. Kandungan organik yang ada dalam air limbah digunakan sebagai donor hidrogen pada denitrifikasi heterotroph. Pada proses konvensional, denitrifikasi air limbah yang mempunyai kandungan BOD/N rendah atau kandungan senyawa nitrogennya relatif tinggi dilakukan dengan menggunakan mikroba heterotroph. Ada juga yang menggunakan

mikroba autotroph. Mikroba autotroph adalah jenis mikroba atau bakteri yang dalam melakukan aktivitas maupun pertumbuhannya tidak memerlukan bahan organik tapi cukup dengan menggunakan bahan anorganik dan sumber karbon dari CO<sub>2</sub>. Salah satu jenis mikroba ini adalah *Thiobacillus denitrificans* yang dapat mereduksi nitrat menjadi gas nitrogen dengan menggunakan senyawa belerang tereduksi seperti batuan belerang, thiosulfat, ferry sulfat maupun hidrogen sulfida sebagai donor elektron. Senyawa belerang ini pada akhir reaksi denitrifikasi akan teroksidasi menjadi sulfat (Sundra, 1999).

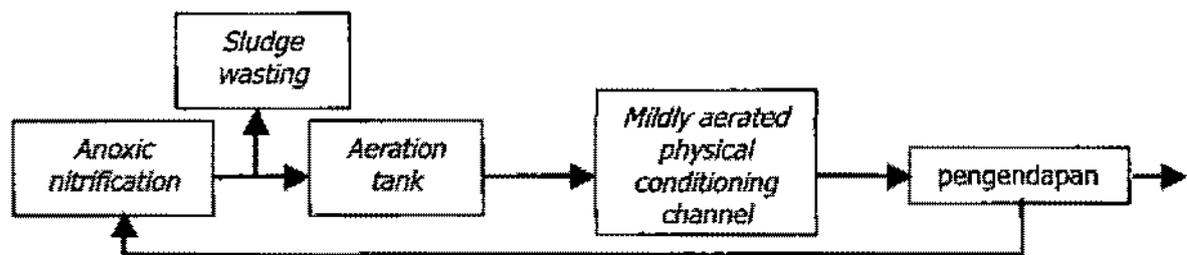
Kelebihan dari proses denitrifikasi dengan mikroba autotroph, yaitu (Sundra, 1999):

1. Tidak memerlukan penambahan bahan organik sehingga biaya pengolahan limbah dapat ditekan.
2. Mempunyai sifat yang lambat dalam pertumbuhan dibanding bakteri heterotroph sehingga bila diterapkan dalam pengolahan limbah sistem biologis tidak akan banyak menghasilkan sisa lumpur. Sisa-sisa lumpur merupakan salah satu kendala dalam pengolahan limbah sistem biologis karena untuk mengolahnya perlu biaya yang cukup besar.
3. Tidak menimbulkan polusi sampingan oleh bahan organik yang tidak terolah.
4. Dapat diterapkan dengan sistem yang sederhana yaitu dengan reaktor bahan isian batu belerang dan batu kapur.

**Tabel 9.** Parameter Desain Denitrifikasi

Waktu tinggal (hari)	1 - 5
t (jam)	0,2 - 2
MLVSS (mg/l)	1000 - 2000
pH	6,5 - 7,0
Qr/Q	0,5 - 1,0

*Sumber: Randall, 1980*



**Gambar 13.** Mekanisme Proses Denitrifikasi  
 Sumber: Sundra, 1999

### 2.1.8. Kualitas Air

Air mengalami suatu daur yang disebut siklus hidrologi. Air laut, danau, sungai, waduk, air permukaan menguap karena panas matahari. Uap air di udara membentuk awan dan akhirnya mengembun dan menjadi titik air hujan dan jatuh ke permukaan tanah, sebagian mengalir di atas permukaan tanah dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah. Selanjutnya air tersebut akan menguap kembali dengan bantuan panas matahari dan seterusnya.

Lindi yang keluar akibat pembusukan sampah berpotensi mematikan nyawa makhluk hidup termasuk manusia karena di dalam air lindi terdapat berbagai macam bahan organik, termasuk bakteri *coliform* dan *salmonella* yang merupakan penyebab penyakit diare dan disentri pada manusia. Jika lindi tidak disalurkan pada saluran yang ada, maka lindi akan meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah. Pengaruh lindi terhadap air adalah sebagai berikut (Chatib, 1986 dalam Haryanto, 1996):

- a. Air permukaan yang tercemar oleh lindi dengan kandungan organik yang tinggi pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang tergantung pada air akan mati.
- b. Air tanah yang tercemar oleh lindi dengan konsentrasi tinggi, menyebabkan polutan tersebut akan menetap pada air tanah dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen terlarut, sumber air baku yang berasal dari air tanah yang tercemar tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih.

Air mempunyai kemampuan untuk melarutkan zat padat dan mengabsorpsi zat cair lainnya sehingga secara alamiah semua air akan mengandung zat mineral yang diperoleh baik dari udara maupun tanah selama proses air tersebut mengalir. Kandungan bahan/zat-zat ini di dalam air bila telah melampaui konsentrasi tertentu dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia.

## 1. Syarat Fisik Kualitas Air

### a. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak mengendap langsung. Padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter  $>1\mu\text{m}$  (Effendi, 2003). Kekeruhan pada suatu perairan lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi dan dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

### b. Suhu

Suhu sungai dipengaruhi oleh musim, ketinggian dari permukaan air laut, aliran, dan kedalaman air sungai. Secara normal, sungai memperlihatkan stratifikasi suhu yang kecil karena adanya pengaruh turbulensi. Suhu air berbeda antara bagian permukaan dan dasar juga antara daerah tengah dan tepi, tetapi dalam satu sistem aliran sungai, kisaran suhu cenderung sama (Hynes (1972) dalam Hendrawan (1997).

Suhu sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem sungai. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , dan  $\text{CH}_4$ . Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya meningkatkan konsumsi oksigen terlarut dalam air. Peningkatan suhu dapat menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah  $20^\circ\text{C}$ - $30^\circ\text{C}$  (Effendi, 2003).

## 2. Syarat Kimiawi Kualitas Air

### a. Derajat keasaman (pH)

Nilai pH yang dipersyaratkan untuk air bersih adalah 6,5-9,0. Lebih kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 9,0 dapat menyebabkan terjadinya korosi pipa-pipa air yang menyebabkan terbentuknya senyawa kimia yang memungkinkan terjadinya sifat toksik dan mengganggu kesehatan. Parameter pH adalah parameter yang menunjukkan tingkat keasaman suatu larutan yang ditunjukkan oleh kadar ion hydrogen. Ion hydrogen selalu berada dalam keadaan kesetimbangan dinamis dengan air ( $H_2O$ ) (Effendi, 2003).

Macheret et.al dalam Effendi (2003) berpendapat bahwa pH berkaitan erat dengan alkalinitas dan karbondioksida. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif. Penelitian yang dilakukan Tebbut (1992) menyatakan bahwa pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik, namun pada perairan yang mempunyai pH tinggi lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik. Ammonia tidak terionisasi ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan ammonium.

Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003).

### b. Ammonia

Ammonia dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber ammonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba, yang dikenal dengan istilah

amonifikasi. Proses denitrifikasi yang biasa terjadi pada pengolahan limbah juga menghasilkan ammonia (Novotny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003)).

Di perairan alami, pada suhu dan tekanan normal, ammonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas ammonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Ammonia juga dapat terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Ammonia di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial ammonia dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH.

Ammonia yang terukur di perairan berupa ammonia total ( $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ ). Persentase ammonia bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar ammonia akan mengalami ionisasi. Sebaliknya, pada pH lebih besar dari 7, ammonia tidak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak (Effendi, 2003). Ammonia bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Ammonia jarang ditemukan di perairan yang mendapat cukup pasokan oksigen. Sebaliknya, pada wilayah anoksik (tanpa oksigen) yang biasanya terdapat di dasar perairan, kadar ammonia relatif tinggi.

Kadar ammonia pada perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg/l (McNeely dalam Effendi, 2003). Kadar ammonia bebas yang tidak terionisasi ( $\text{NH}_3$ ) pada perairan sebaiknya tidak lebih dari 0,02 mg/l. Jika kadar ammonia bebas lebih dari 0,2 mg/l, perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Sawyer dan McCarty dalam Effendi, 2003).

### c. Nitrit

Di perairan alami, nitrit ( $\text{NO}_2$ ) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara ammonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi). Denitrifikasi berlangsung pada kondisi anaerob. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut rendah (Novotny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003)).

Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/l dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 mg/l (Sawyer dan McCarty dalam Effendi, 2003). Kadar nitrit yang melebihi 0,05 mg/l bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moose dalam Effendi, 2003). Bagi manusia dan hewan, nitrit lebih bersifat toksik daripada nitrat. Pada manusia, konsumsi nitrit yang berlebihan dapat mengakibatkan terganggunya proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah yang selanjutnya membentuk met-hemoglobin yang tidak mampu mengikat oksigen.

### d. Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi merupakan proses mikrobiologis. Proses ini sangat dipengaruhi oleh suhu dan aerasi (Novotny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003)).

Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat-nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae

dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*). Kadar nitrat dalam air tanah dapat mencapai 100 mg/l. Pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1000 mg/l. Kadar nitrat untuk keperluan air minum sebaiknya tidak melebihi 10 mg/l (Davis dan Cornwell dalam Effendi, 2003).

Konsumsi air yang mengandung kadar nitrat yang tinggi akan menurunkan kapasitas darah untuk mengikat oksigen, terutama pada bayi yang berumur kurang dari lima bulan. Keadaan ini dikenal sebagai *methehemoglobinemia* atau *blue baby disease*, yang mengakibatkan kulit bayi berwarna kebiruan (Davis dan Cornwell dalam Effendi, 2003).

e. Besi

Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen (Eckenfelder, 2000). Pada pH sekitar 7,5-7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida dan membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang bersifat tidak larut dan mengendap di dasar perairan membentuk warna merah pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anoksik dan suasana asam (Cole dalam Effendi, 2003). Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH.

Air tanah dalam biasanya memiliki karbondioksida dengan jumlah yang relatif banyak, dicirikan dengan rendahnya pH, dan biasanya disertai dengan kadar oksigen terlarut yang rendah atau bahkan terbentuk suasana anaerob. Besi hanya ditemukan pada perairan yang bersifat anaerob, akibat proses dekomposisi bahan organik yang berlebihan. Jadi, di perairan kadar besi yang tinggi berkorelasi dengan kadar bahan organik yang tinggi; atau 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. Kadar besi pada perairan yang mendapat cukup aerasi hampir tidak pernah lebih dari 0,3 mg/l (Rump dan Krist, 1992). Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/l (Boyd, 1988). Pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah, kadar besi dapat mencapai 10-100 mg/l (McNeely et.al, dalam Effendi, 2003). Kadar besi >1,0 mg/l dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik (Moore, 1991).

Kadar besi yang berlebihan selain dapat mengakibatkan timbulnya warna merah juga mengakibatkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam. Pada tumbuhan, besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun, kadar besi yang berlebihan dapat menghambat fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2003).

Kandungan besi yang sesuai dengan yang dibutuhkan dapat menunjang pertumbuhan biologis biota dan algae, tetapi jika konsentrasi besi tinggi kemungkinan biota perairan akan terganggu akibat keracunan. Besi dapat larut pada pH rendah dan dapat menyebabkan air yang berwarna kekuningan, menimbulkan noda pada pakaian dan tempat berkembang biaknya bakteri *Creonothrix*, oleh sebab itu kadar besi tidak boleh melebihi 1 mg/l, karena dapat mempercepat pertumbuhan bakteri besi tersebut dan dapat menimbulkan rasa serta bau (Sutapa, 2000).

Adanya kandungan besi di air sumur gali penduduk dapat menyebabkan gangguan rasa dan bau amis pada air. Selanjutnya terdapat CO<sub>2</sub> di dalam air menyebabkan besi akan mudah teroksidasi menjadi Fe(OH)<sub>3</sub> yang akan mengendap sebagai karat. Bila konsentrasi besi diatas 0,1 mg/l mengakibatkan air dinilai kotor dan nilai kandungan diatas 0,3 mg/l maka rasa air tidak enak (WHO, 1984 dalam Haslinda, 1998).

Pengaruh racun zat besi akan terjadi bila di dalam tubuh terdapat zat besi yang tidak terdapat di dalam serum. Hal tersebut dapat terjadi bila kadar besi di dalam serum melebihi 4 µg/ml. Garam-garam ferro dan ferri yang terlarut dapat pula mengakibatkan gangguan pada perut dan

usus, disamping dapat pula menimbulkan nekrosis pada saluran pencernaan, hati, dan ginjal (Dreisbach, 1980 dalam Haslinda, 1998).

f. COD (Chemical Oxygen Demand)

Nilai COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Effendi, 2003). Nilai COD biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD karena bahan-bahan yang stabil untuk reaksi biologi dan mikroorganisme (seperti selulosa) dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Hendrawan, 1997).

Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/l (UNEP, 1992 dalam Effendi, 2003).

g. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang lebih stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (nitrifikasi). Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai pengganggu (Effendi, 2003).

Secara tidak langsung, BOD merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis and Cornwell, 1991 dalam Efendi, 2003). BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (biodegradable). Menurut Stanley (1981) dalam Haslinda (1998), fluktuasi nilai BOD

sangat ditentukan oleh komposisi sampah. Semakin banyak bahan yang mudah terurai semakin tinggi nilai BOD, selain itu keadaan cuaca juga dapat mempengaruhi kerja bakteri pengurai.

Nilai BOD perairan dipengaruhi oleh suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik. Perairan yang memiliki nilai BOD lebih dari 10 mg/l dianggap telah mengalami pencemaran (Effendi, 2003).

#### **A. Pencemaran Air Sungai**

Pencemaran air sungai diakibatkan oleh masuknya zat pencemar yang dapat berupa gas, bahan terlarut, dan partikulat. Masuknya bahan pencemar ke dalam sistem sungai akan menyebabkan terganggunya kondisi alamiah sungai, perubahan kualitas air sungai, perubahan temperatur air, dan mempengaruhi kehidupan organisme dalam air.

Bahan-bahan terlarut dan padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah sebagian besar dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam perairan. Apabila bahan organik ini ada dalam jumlah yang masih dapat diterima oleh perairan, dapat diencerkan oleh arus air yang berkadar oksigen tinggi dan kebutuhan oksigen bagi bakteri aerob terpenuhi maka penguraiannya dapat berlangsung sempurna. Bila bahan organik yang masuk ke perairan dalam jumlah yang sangat besar sehingga daya dukung lingkungan terlampaui, kebutuhan oksigen untuk proses penguraiannya lebih cepat habis, maka perairan akan sulit memulihkan dirinya sendiri.

#### **B. Pencemaran Air Tanah**

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Soemarto dalam Sylvana, 2005). Menurut Hamill dalam Sylvana (2005), air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah yang dapat terkumpul melalui sumur atau yang mengalir secara alami ke permukaan tanah melalui rembesan air atau mata air. Air tanah mengalami dua macam interaksi antar permukaan, yaitu antara benda padat dengan cair dan antara benda cair dengan udara. Interaksi antar permukaan inilah yang

menyebabkan adanya tegangan permukaan dalam tanah yang mengakibatkan air bergerak dan menjadi aliran air tanah (Susanti, 1997).

Air tanah pada umumnya mengandung garam-garam mineral/padatan terlarut yang berasal dari bahan-bahan batuan yang dilalui oleh air tersebut. Jumlah dan jenis garam-garam terlarut tergantung pada jenis permukaan materi akuifer, kelarutan air, mineral yang bersangkutan, dan waktu kontak. Kandungan garam terlarut cenderung tinggi pada air tanah yang pergerakannya lambat dan akan bertambah tinggi sesuai dengan kedalamannya (Hamill dalam Sylvana, 2005). Kandungan nitrat yang tinggi pada air tanah menunjukkan air tanah tersebut sudah tercemar karena kandungan nitrogen dalam air tanah sangat kecil atau hampir tidak ada (Mursidi dan Herlambang, 2002).

Sumur adalah lubang dalam tanah, biasanya vertikal dan dibuat untuk membawa air tanah ke permukaan (Susanti, 1997). Sumur gali merupakan air tanah dangkal dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, misalnya mandi, mencuci, memasak, dan lain sebagainya. Pencemaran air tanah adalah berubahnya tatanan air di bawah permukaan tanah oleh kegiatan manusia/proses alam yang mengakibatkan mutu air tanah turun sampai tingkat tertentu sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya (Kementrian Lingkungan Hidup, 1990). Pencemaran air tanah umumnya dipengaruhi oleh buangan limbah, baik itu limbah cair maupun limbah padat. Pencemaran air tanah juga dapat terjadi karena peresapan air sungai yang telah tercemar airnya. Menurut Kementrian Lingkungan Hidup (1990), proses berlangsungnya pencemaran dapat berasal dari buangan limbah mudah larut yang terdapat di permukaan tanah (pupuk, pestisida, air permukaan yang tercemar, sampah, dan lain-lain), dan berasal dari dalam tanah yang terletak di atas permukaan air tanah (*septic tank*, galian tanah tempat buangan limbah). Jenis pencemaran dan luas wilayah pencemaran bergantung pada kondisi geohidrologi, sifat bahan pencemar, dan upaya pencegahan/penanggulangan pencemaran yang dilakukan. Kemungkinan terjadinya pencemaran dapat dicegah dengan melakukan pemantauan kualitas air tanah secara kontinu (Kementrian Lingkungan Hidup, 1990).

### 2.1.9. Dampak TPA terhadap Kesehatan Masyarakat

Pada tempat-tempat dimana terdapat sampah (terutama yang baru) keberadaan lalat menjadi tinggi, namun setelah diukur pada titik-titik berikutnya ( $\pm 200$  m) terjadi penurunan jumlah keberadaan lalat (PPSML UI, 2006). Hal ini dikarenakan pada sampah yang baru masih dalam kondisi yang agak basah dan mempunyai bau yang menyengat dari hasil pembusukan bahan organik yang sedang berlangsung di dalamnya, sementara pada sampah yang lama sudah jauh berkurang bau dan kesegaran sampahnya. Keberadaan dan banyaknya lalat juga dapat dianggap sebagai cerminan keadaan sanitasi lingkungan. Semakin banyak lalat, semakin menurun kondisi sanitasi lingkungannya, begitu juga sebaliknya. Dengan kondisi ini, lalat dianggap sebagai indikator penyebaran vektor beberapa penyakit berbahaya.

Keberadaan lalat juga terpengaruh oleh kondisi iklim, seperti musim dan curah hujan. Pada musim penghujan akan lebih banyak terdapat lalat dibanding musim kemarau. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan PPSML UI (2006), keberadaan lalat lebih banyak didominasi oleh jenis lalat rumah (*Musca domestica*), lalat hijau (*Chrysomya megacephala*), dan sedikit lalat peloncat (*Prophila sp.*) terutama di lokasi yang berada di sekitar lokasi pembuangan sampah yang masih aktif. Setiap ekor lalat hijau mengandung  $10^2$ - $10^7$  bakteri, diantaranya *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Acetobacter*, dan *Vibrionaceae*. Sedangkan setiap ekor lalat rumah mengandung  $10^3$ - $10^9$  bakteri dari jenis *Enterobacter*, *Vibrionaceae*, dan *Corynebacter* (PPSML UI, 2006). Macam-macam penyakit yang disebabkan sampah dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Penyakit Bawaan Sampah

Nama Penyakit	Penyebab
<b>Bawaan Lalat:</b> 1. <i>Dysntriae basilaris</i> (disentri) 2. <i>Dysentriae amoebica</i> (disentri) 3. <i>Thypus abdominalis</i> (tifus) 4. <i>Kolera</i> 5. <i>Ascariasis</i> (cacingan) 6. <i>Ancylostomiasis</i> (cacingan)	<i>Shigella shigae</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Salmonella thypii</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Ascariasis lumbricoides</i> <i>Ascariasis duodenale</i>
<b>Bawaan Tikus:</b> 1. <i>Pes</i> 2. <i>Leptopirosis</i> ichterohaemorrhagia 3. <i>Rat bite fever</i>	<i>Pasteurella pestis</i> <i>Leptospira ichterohaemorrhagia</i> <i>Streptobacillus moniliformis</i>
<b>Keracunan:</b> 1. Gas Methan (CH <sub>4</sub> ) 2. CO, CO <sub>2</sub> , dioxin 3. Hydrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S) 4. Logam berat	TPA <i>open dumping</i> Pembakaran sampah TPA <i>open dumping</i> TPA <i>open dumping</i> , pembakaran sampah

Sumber: Nurdin dalam PPSML UI, 2006

Air mempunyai peranan penting dalam memindahkan penyakit. Dalam memindahkan penyakit, air berperan melalui empat cara (Kusnoputranto, 1986), yaitu: cara *water borne*, cara *water washed*, cara *water based*, dan melalui vektor-vektor insekta yang berhubungan dengan air.

Cara *water borne* berkaitan dengan air sebagai air minum. Bila air yang mengandung patogen terminum, maka dapat terjadi penjangkitan penyakit pada yang bersangkutan. Penyakit-penyakit yang dijangkiti dengan cara ini antara lain penyakit kolera, tiroid, hepatitis infeksiosa, dan disentri basiler.

Cara *water washed*, penularan penyakit ini berkaitan dengan air bagi kebersihan alat-alat, terutama alat-alat dapur dan makan serta kebersihan perorangan.

Dengan ketersediaan air bersih yang cukup maka penyakit-penyakit tertentu dapat dikurangi penularannya pada manusia.

Cara *water based*, penyakit-penyakit yang dipengaruhi oleh cara penularan ini dibagi atas tiga kelompok, yaitu:

1. Penyakit infeksi saluran pencernaan yaitu diare.
2. Penyakit infeksi kulit dan selaput lendir. Golongan ini erat kaitannya dengan higiena perorangan yang buruk. Contoh penyakitnya adalah infeksi fungus pada kulit, penyakit *conjunctivitis* (trachoma).
3. Penyakit-penyakit yang ditimbulkan oleh insekta parasit pada kulit dan selaput lendir. Contoh parasit dalam kelompok ini adalah *lice*, *sarcoptes*, *scabies*, dan *thypus endemic*.

Cara melalui vektor-vektor insekta yang berhubungan dengan air. Penyakit ini dalam siklusnya memerlukan pejamu (host) perantara. Pejamu perantara ini hidup di dalam air. Contoh penyakit yang dijangkiti dengan cara ini adalah penyakit skistosomiasis. Larva skistosomiasis hidup di dalam keong air. Setelah waktunya larva ini akan mengubah bentuk menjadi cercaria dan menembus kulit kaki manusia yang berada dalam air tersebut.

Air merupakan tempat perindukan bagi beberapa macam insekta yang merupakan vektor beberapa macam penyakit. Beberapa macam penyakit yang dapat disebarkan oleh insekta adalah malaria, *yellow fever*, *dengue*, *tipanosomiasis* (oleh *tse-tse fly*).

## 2.2. Kerangka Berpikir

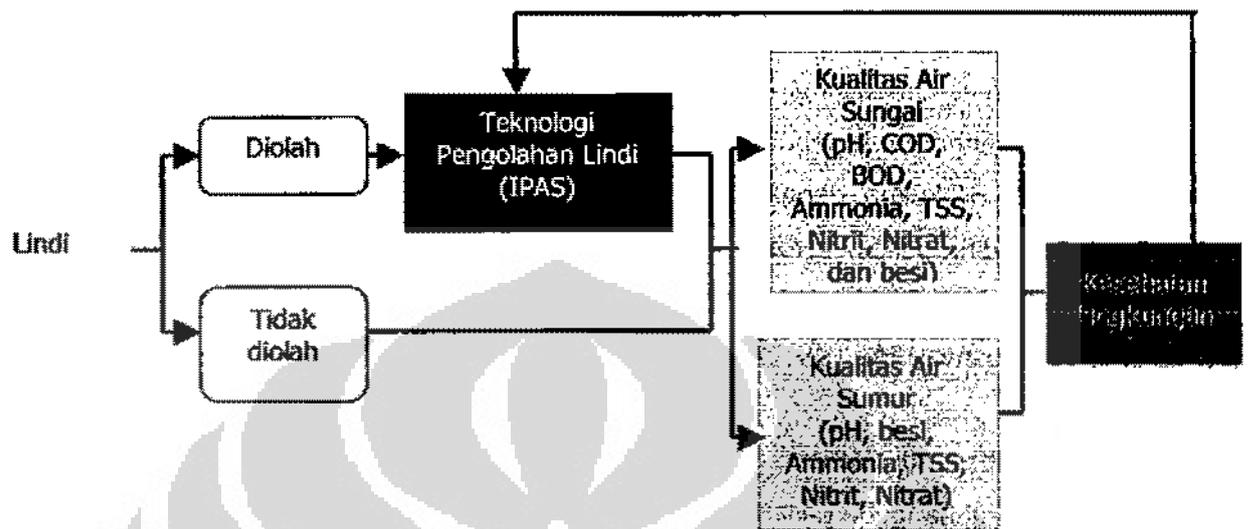
Lindi menjadi tidak terolah karena merembes ke dalam tanah, meluap karena hujan, dan adanya kelebihan kapasitas pengolahan dalam sistem pengolahan lindi. Lindi yang tidak terolah dapat menurunkan kualitas air sungai dan kualitas air tanah yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia terutama bagi masyarakat yang pemenuhan kebutuhan air minum dan air bersihnya diperoleh dari air sungai atau air tanah yang sudah tercemar. Lindi yang dihasilkan TPST Bantargebang sudah diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV.

Berdasarkan pengalaman dari instalasi pengolahan lindi TPST Bantargebang, telah terjadi pencemaran air tanah dan air sungai di sekitar TPST Bantargebang secara serius akibat kualitas efluen dari pengolahan lindi berada di atas baku mutu yang disyaratkan. Melihat kondisi yang ada, lindi harus dikelola karena berpotensi mencemari lingkungan di sekitar TPST, yang nantinya akan mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Upaya pengolahan lindi harus dilakukan dengan proses dan pendekatan untuk memperkecil dampak yang ditimbulkan serta mengacu pada baku mutu lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan efisiensi kerja bangunan pengolah lindi yang ada (khususnya IPAS IV).

Penelitian dilakukan dengan cara mengevaluasi kinerja IPAS IV TPST Bantargebang berdasarkan mutu efluen dan efisiensi penyisihan zat pencemar pada masing-masing unit pengolahan IPAS IV. Apabila mutu efluen yang dihasilkan IPAS IV tidak sesuai dengan baku mutu lingkungan (SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat), maka dilakukan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan dan meminimalkan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan yang nantinya akan mempengaruhi kesehatan masyarakat.

Lindi yang tidak terolah (yang merembes ke dalam tanah dan meluap karena hujan) dapat menyebabkan penurunan kualitas air tanah dan kualitas air sungai. Penelitian terhadap penurunan kualitas air sungai dilakukan dengan pengambilan/pengujian sampel air sungai Ciketing-Sumur Batu yang merupakan badan air penerima air hasil olahan IPAS IV TPST Bantargebang. Penurunan kualitas air tanah dapat diketahui dengan melakukan pengujian/pengambilan sampel sumur penduduk yang tinggal di sekitar lokasi TPST Bantargebang. Parameter yang diuji untuk air sumur adalah pH, nitrat, nitrit, besi, TSS, dan ammonia. Parameter yang diuji untuk air sungai adalah pH, BOD, COD, ammonia, nitrit, nitrat, TSS, dan besi. Analisis air sumur penduduk akan didukung dengan penyebaran kuesioner untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap kualitas air sumur yang mereka gunakan untuk keperluan sehari-hari yang dikaitkan dengan kesehatan lingkungan.

### 2.3. Kerangka Konsep



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian tentang evaluasi kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang menggunakan pendekatan kuantitatif. Bentuk penelitiannya adalah penelitian *Ex Post Facto*, yaitu suatu bentuk penelitian yang mengamati dampak/akibat yang ditimbulkan oleh lindi yang telah terjadi sebelumnya. Pembuangan lindi yang telah diolah ke sungai diduga menimbulkan pencemaran telah terjadi sebelum dilakukan penelitian, dan peneliti hanya perlu melihat dampak pencemaran tersebut pada perubahan kualitas air sumur penduduk dan air sungai.

#### 3.2. Lokasi, Waktu, dan Tahapan Penelitian

Penelitian lapangan untuk mengevaluasi kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang dilakukan di IPAS IV TPST Bantargebang, sepanjang Kali Ciketing dan Kali Sumur Batu Bantargebang serta air sumur penduduk di sekitar lokasi TPST Bantargebang.

Penelitian dilakukan di IPAS IV disebabkan karena saat penelitian dilakukan, zona IV dan zona V sedang aktif (sedang menerima timbunan sampah) dimana kedua zona ini lindinya dialirkan ke IPAS IV. Alasan kedua karena IPAS IV adalah instalasi pengolahan lindi yang kinerjanya dianggap paling baik diantara IPAS-IPAS yang lain (IPAS I, II, dan III).

Pengumpulan data melalui pengukuran dan pengamatan langsung di lokasi penelitian dilaksanakan pada Bulan Juni sampai Bulan Juli 2009 yang mewakili musim kering/musim kemarau. Pendekatan dalam menentukan waktu pengambilan sampel adalah dengan mengasumsikan saat media lingkungan yang akan diambil sampelnya cukup homogen atau konstan. Pengumpulan data sosial dilaksanakan pada Bulan Agustus 2009.

### 3.2.1. Lokasi Pengambilan Sampel

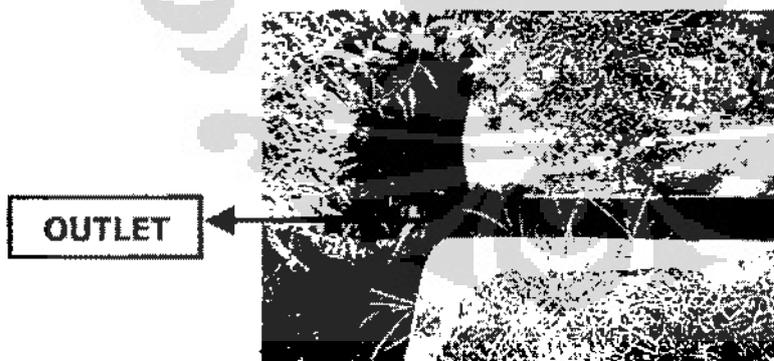
#### a. Sampel kualitas lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang

Penelitian lapangan untuk mengetahui kualitas lindi dan efisiensi bak pengolahan lindi dilakukan di inlet, outlet, dan masing-masing bak yang ada di Instalasi Pengolahan Air Sampah IV (IPAS IV) TPST Bantargebang.

Lokasi pengambilan sampel kualitas lindi bagian inlet IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 14, dan lokasi pengambilan sampel kualitas lindi bagian outlet IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 14.** Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Lindi (Inlet)  
IPAS IV TPST Bantargebang  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*



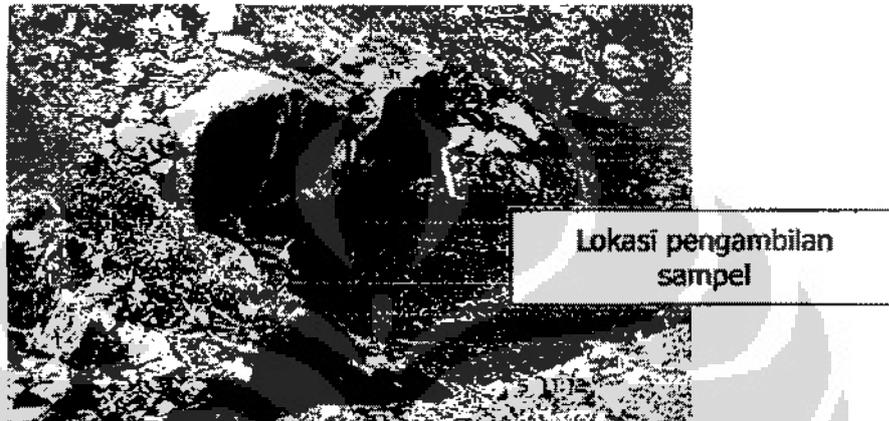
**Gambar 15.** Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Lindi (Outlet)  
IPAS IV TPST Bantargebang  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*

#### b. Air permukaan (sungai)

Penelitian lapangan untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sungai dilakukan di sepanjang Kali Ciketing dan Kali Sumur Batu.

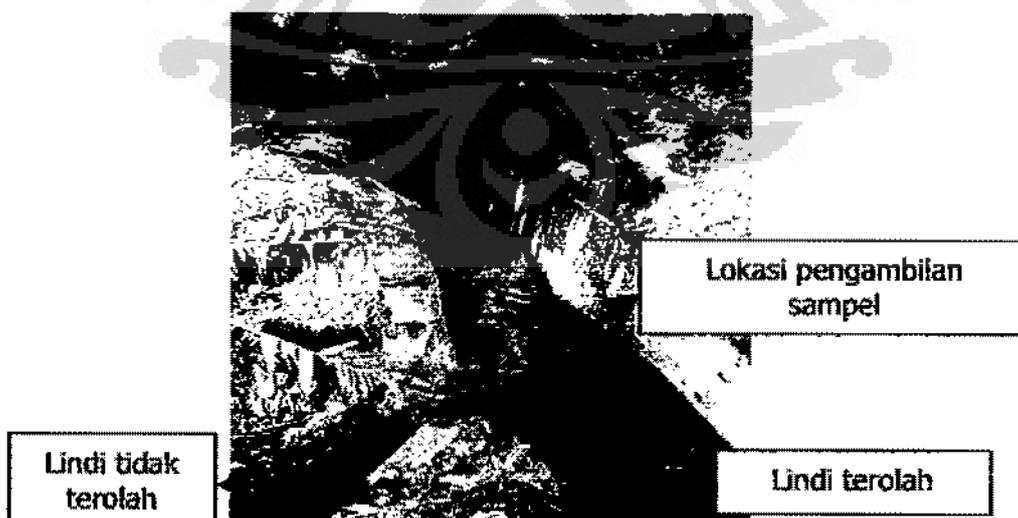
Pengambilan sampel didasarkan pada sistem aliran air yaitu dari hulu sungai menuju hilir sungai atau dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang rendah. Sampel air hanya diambil pada permukaan karena perairan cukup dangkal dan tidak terdapat stratifikasi. Lokasi pengambilan sampel air sungai adalah sebagai berikut:

1. Sungai 1: air sungai sebelum memasuki wilayah IPAS IV TPST Bantargebang yang dianggap sebagai hulu sungai.



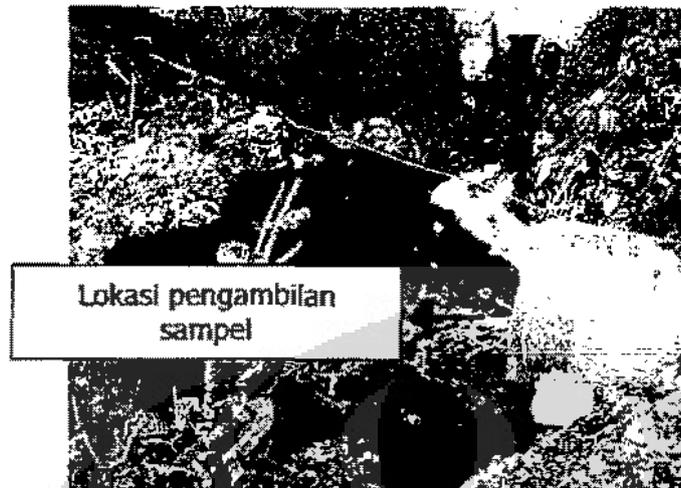
**Gambar 16.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Sebelum Memasuki Wilayah IPAS IV TPST Bantargebang (Sungai 1)  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*

2. Sungai 2: aliran drainase yang merupakan gabungan lindi yang sudah diolah (lindi yang berasal dari outlet IPAS IV TPST Bantargebang) dan lindi yang tidak terolah.



**Gambar 17.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Gabungan Lindi yang Sudah Diolah dan Lindi yang Belum Diolah (Sungai 2)  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*

3. Sungai 3: air sungai sebelum bercampur dengan outlet IPAS II TPST Bantargebang,



**Gambar 18.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Sebelum Bercampur dengan Outlet IPAS II TPST Bantargebang (Sungai 3)  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*

4. Sungai 4: air sungai yang merupakan gabungan antara sungai 3 dan air hasil olahan IPAS II TPST Bantargebang.



**Gambar 19.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Gabungan Antara Sungai 2 dan Outlet IPAS II TPST Bantargebang (Sungai 3)  
*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2009*

5. Sungai 5: air sungai yang sudah melewati IPAS IV TPST Bantargebang dan diduga telah mengalami pencampuran dengan air limbah dari TPA Bekasi (TPA Sumur Batu).

6. Sungai 6: air sungai yang terdekat dengan pemukiman penduduk yang sudah mengalami pengenceran.

c. Air tanah (air sumur)

Penelitian lapangan untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sumur penduduk dilakukan dengan pengambilan sampel sumur penduduk yang masih digunakan penduduk untuk keperluan sehari-hari dan berada di sekitar lokasi TPST Bantargebang. Air sumur yang diambil sampelnya adalah air sumur timba yang berada di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu, masih digunakan untuk keperluan sehari-hari sebagai sumber air bersih, sumur gali dalam keadaan terbuka, kedalaman tidak lebih dari 12 meter (mewakili air tanah dangkal).

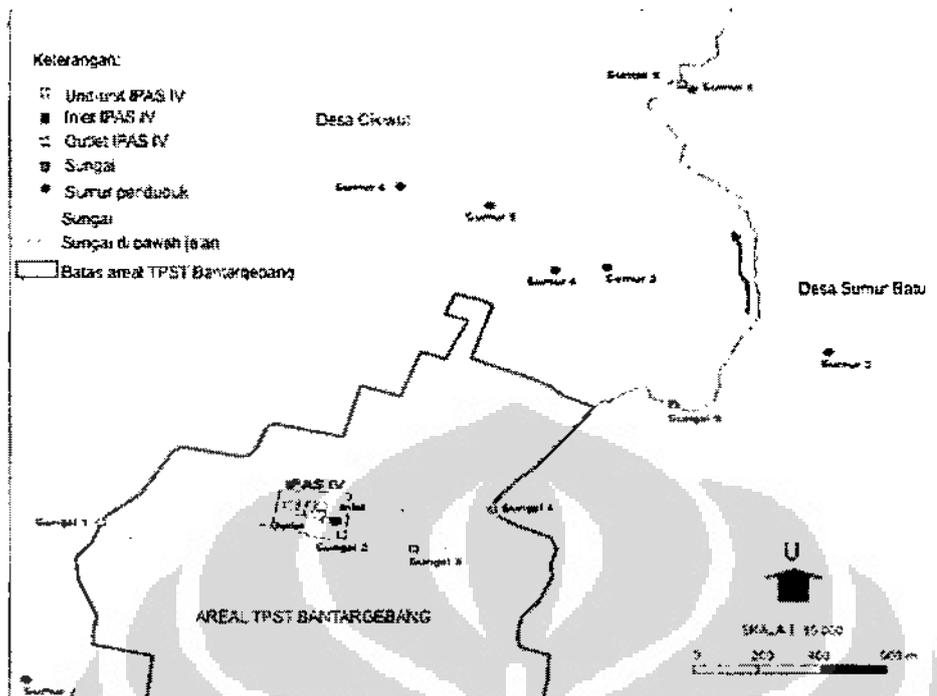
Titik pengambilan sampel berdasarkan pada sistem aliran air tanah. Titik sampling berupa sumur-sumur penduduk di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu yang merupakan *down stream* dari Sungai Ciketing-Sumur Batu. Sampel air sumur diambil dari 6 titik lokasi air sumur, yang meliputi:

1. Sumur 1: lokasinya berada  $\pm 50$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.
2. Sumur 2: lokasinya berada  $\pm 100$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.
3. Sumur 3: lokasinya berada  $\pm 200$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.
4. Sumur 4: lokasinya berada  $\pm 300$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.
5. Sumur 5: lokasinya berada  $\pm 400$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.
6. Sumur 6: lokasinya berada  $\pm 500$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu.

Lokasi sumur penduduk yang dijadikan kontrol/pembanding (Sumur 7), berada di Desa Ciketing Udik (sebelah selatan TPST Bantargebang) yang berjarak  $\pm 200$  m dari TPST Bantargebang.

Selanjutnya semua sampel yang telah diambil di lapangan dibawa dan dianalisis di laboratorium kualitas air milik Perusahaan Daerah Pengolahan Air Limbah DKI Jakarta (PDPAL Jaya), Setia Budi, Jakarta Selatan.

Lokasi pengambilan sampel air sungai, air sumur, dan lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang secara umum dapat dilihat pada Gambar 20.



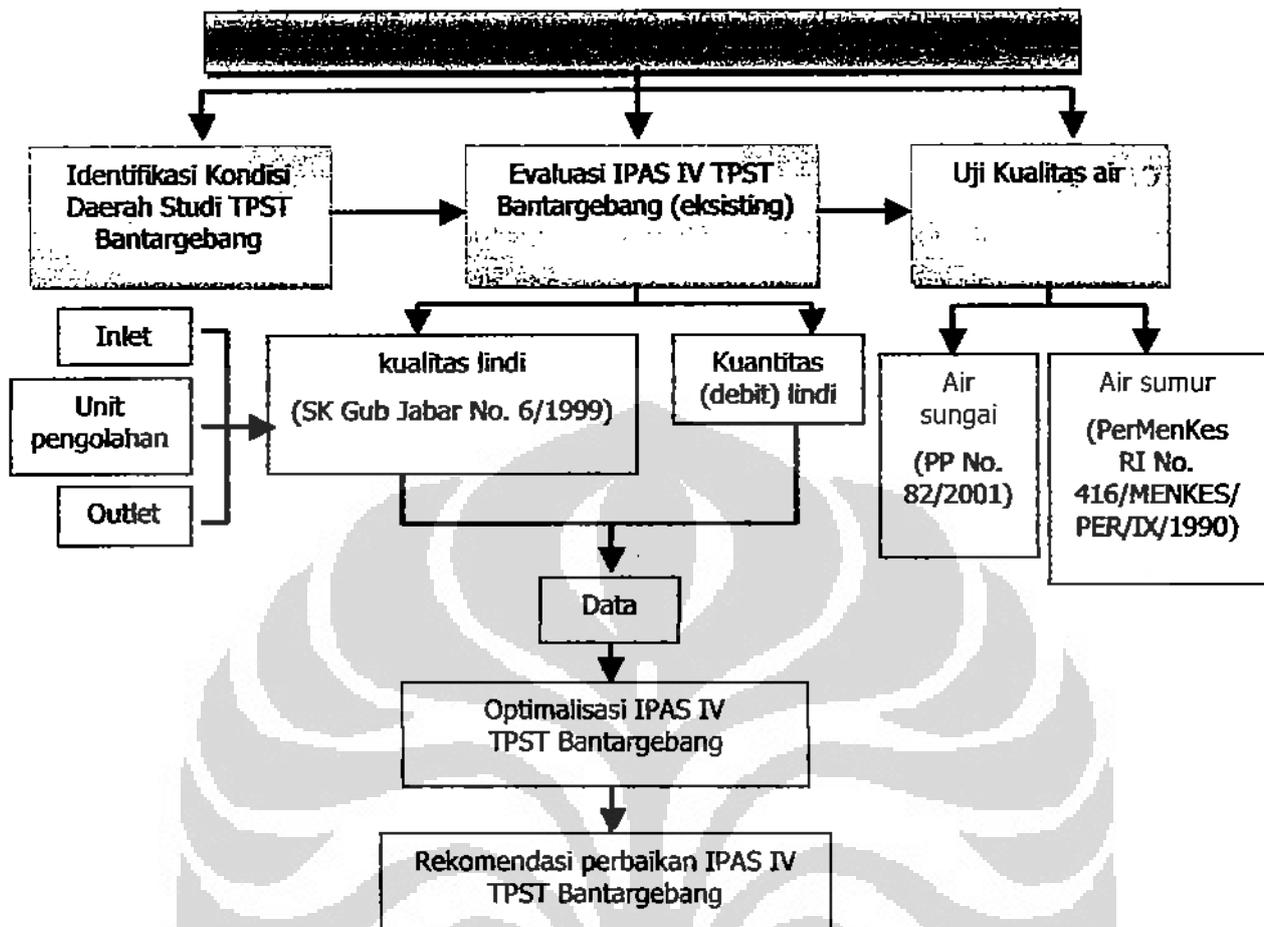
**Gambar 20.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai, Air Sumur, dan Lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang

### 3.2.2. Waktu Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel lindi, air sumur, dan air sungai dilakukan sebanyak 2 kali untuk meyakinkan bahwa sampel sudah representatif. Pengambilan sampel air sumur dilakukan pada pagi hari (pukul 09.00-11.00 WIB) untuk meyakinkan bahwa sampel benar-benar berasal dari air tanah. Pengambilan sampel air sungai dilakukan pada saat jam kerja, dimana saat itu air hasil olahan IPAS IV dibuang ke badan penerima. Pengambilan sampel effluen IPAS IV dilakukan pada saat instalasi pengolahan air lindi berjalan optimal/pada saat jam kerja (pukul 10.00-12.00 WIB).

### 3.2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam evaluasi kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang terdiri atas identifikasi daerah studi TPST Bantargebang, evaluasi IPAS IV TPST Bantargebang (eksisting), dan uji kualitas air (air sumur dan air sungai). Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 21.



**Gambar 21.** Tahapan Penelitian

#### **A. Identifikasi Kondisi Daerah Studi TPST Bantargebang**

Tujuan dari identifikasi kondisi daerah studi adalah untuk mengetahui kondisi eksisting dari TPST Bantargebang, yang meliputi kondisi geografis TPST Bantargebang; keadaan topografi TPST Bantargebang; keadaan klimatologi TPST Bantargebang; tata guna lahan; pengelolaan sampah di TPST Bantargebang; pengolahan lindi TPST Bantargebang; kondisi sosial ekonomi budaya masyarakat di sekitar TPST Bantargebang; kondisi kesehatan masyarakat dan lingkungan di sekitar TPST Bantargebang.

#### **B. Evaluasi IPAS IV TPST Bantargebang**

Evaluasi IPAS IV TPST Bantargebang bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dari IPAS IV TPST Bantargebang, yang meliputi kualitas lindi yang masuk (influen) dan lindi yang keluar (efluen), debit lindi yang diolah di IPAS IV

TPST Bantargebang, dan unit-unit pengolahan yang ada di IPAS IV TPST Bantargebang.

### **C. Uji Kualitas Air**

Uji kualitas air dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh lindi terhadap kualitas air (air sumur dan air sungai) yang ada di sekitar TPST Bantargebang. Baku mutu untuk air sumur berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/DX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, terdapat pada Lampiran II (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih), sedangkan baku mutu untuk air sungai berdasarkan PP Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Parameter yang dianalisis adalah:

- a. Parameter fisik, meliputi: suhu dan TSS
- b. Parameter kimia, meliputi: pH, ammonia, nitrit, nitrat, COD, BOD, dan besi.

### **3.3. Data Penelitian**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data yang diperlukan pada penelitian tentang evaluasi kinerja lingkungan IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Data yang Diperlukan dalam Penelitian

Tahapan penelitian	Data	Jenis Data	Sumber Data
Identifikasi Kondisi Daerah Studi TPST Bantargebang	- Kondisi geografis TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Keadaan topografi TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Keadaan klimatologi TPST Bantargebang	Data sekunder	BMG DKI Jakarta
	- Tata guna lahan TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Pengelolaan sampah di TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Pengolahan lindi di TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Kondisi kesehatan masyarakat dan lingkungan di sekitar TPST Bantargebang	Data primer dan data sekunder	Penyebaran kuesioner, Puskesmas Kecamatan Bantargebang dan Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Kondisi sosial ekonomi budaya masyarakat di sekitar TPST Bantargebang	Data primer dan data sekunder	Penyebaran kuesioner, Pengamatan di lapangan, Dinas Kebersihan DKI Jakarta
Evaluasi IPAS IV TPST Bantargebang	- Unit-unit pengolahan di IPAS IV TPST Bantargebang	Data sekunder	Dinas Kebersihan DKI Jakarta
	- Kualitas lindi IPAS IV (inlet dan outlet)	Data primer	Analisis laboratorium
	- Kualitas lindi IPAS IV (unit pengolahan)	Data primer	Analisis laboratorium
	- Debit lindi IPAS IV	Data primer	Pengukuran di lapangan
Uji kualitas air	Sampel air sumur penduduk	Data primer	Analisis laboratorium
	Sampel air sungai	Data primer	Analisis laboratorium

### 3.3.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data sekunder dilakukan pada Bulan Maret sampai Bulan Juni 2009. Pengambilan data primer yang terdiri atas data fisika dan kimia berupa sampel lindi, sampel air sungai, dan sampel air sumur penduduk dilakukan pada Bulan Juni sampai Bulan Juli 2009. Data sosial yang berupa kuesioner dilakukan pada Bulan Agustus 2009.

**Tabel 12.** Data dan Metode untuk Mencapai Tujuan Penelitian

No.	Tujuan Penelitian	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis
1.	Mengetahui kinerja IPAS IV TPST Bantargebang dalam hal mengolah lindi	Primer dan Sekunder	Pengukuran di lokasi penelitian dan analisis laboratorium	Analisis Deskriptif
2.	Menganalisis pengaruh lindi pada kualitas air tanah khususnya air sumur penduduk di sekitar TPST Bantargebang	Primer	Pengukuran di lokasi penelitian dan analisis laboratorium	Analisis Deskriptif dan Analisis Regresi
3.	Menganalisis pengaruh lindi pada kualitas badan sungai (Kali Ciketing-Sumurbatu)	Primer	Pengukuran di lokasi penelitian dan analisis laboratorium	Analisis Deskriptif

### 3.3.2. Metode Analisis Data

#### a. Data Kualitas Air Sumur

Sebagian besar air tanah (air sumur) masih digunakan penduduk sebagai sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, cuci, dan lain-lain. Oleh karena itu, parameter yang dianalisis disesuaikan dan dibandingkan dengan parameter kunci yang tertera dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/DX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air Bersih sebagai baku mutu untuk air bersih. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sumur penduduk dilakukan pendugaan dengan analisis statistika.

Analisis statistik yang digunakan untuk menduga pengaruh lindi pada kualitas air sumur penduduk di sekitar TPST Bantargebang adalah dengan menggunakan Analisis Regresi. Analisis regresi dapat digunakan untuk memprediksi perilaku dari variabel dependen dengan menggunakan data variabel independen. Bentuk umum dari persamaan regresi adalah:

$$Y = a + bX$$

dimana : Y = nilai dari variabel dependen

a = konstanta, yaitu nilai Y jika X=0

b = koefisien regresi

X = nilai dari variabel independen

Sebagai variabel independen (X) adalah jarak antara sumur penduduk dengan Sungai Ciketing-Sumur Batu, sedangkan variabel dependen (Y) adalah nilai kandungan bahan pencemar dalam sumur penduduk (SS, ammonia, COD, BOD, nitrit, nitrat, pH, besi).

**b. Data Kualitas Air Sungai**

Untuk air sungai, parameter yang dianalisis adalah parameter kunci yang dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Data kualitas air yang terkumpul dievaluasi dengan baku mutu sesuai dengan peruntukannya.

**c. Data Kualitas Lindi di IPAS IV TPST Bantargebang**

Untuk air lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang, parameter yang dianalisis adalah beberapa parameter kunci dan dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.

Metode analisis laboratorium yang digunakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional. Metode pengukuran parameter kunci air lindi yang diuji dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13. Metode Pengukuran Parameter Fisika/Kimia**

No	Parameter	Satuan	Metode Pengukuran
	<u>Fisika</u>		
1.	Suhu	°C	SNI 06-6989.23-2005
2.	Zat padat tersuspensi (TSS)	mg/l	SNI 06-6989.3-2004
	<u>Kimia</u>		
1.	pH	-	SNI 06-6989.11-2004
2.	Ammonia bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	SNI 06-6989.30-2005
3.	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	SNI 06-2480-1991
4.	Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	SNI 06-6989.9-2004
5.	BOD <sub>5</sub>	mg/l	SNI 06-2503-1991
6.	COD	mg/l	SNI 06-6989.15-2004
7.	Besi	mg/l	SNI 06-6989.4-2004

d. Data sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat

Sampel yang diambil adalah penduduk yang tinggal di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu yang menggunakan sumur gali untuk keperluan sehari-hari. Metode yang digunakan didasarkan pada pengumpulan data primer dan sekunder. Data sekunder tentang jenis penyakit yang diderita masyarakat di sekitar TPST Bantargebang berasal dari puskesmas Kecamatan Bantargebang. Data primer diambil melalui wawancara langsung dengan menggunakan kuesioner terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu.

Besarnya sampel ditentukan berdasarkan jumlah keluarga yang tinggal di sekitar Sungai Ciketing Udik-Sumur Batu yaitu sebesar 73 orang. Keluarga yang menggunakan sumur gali/timba untuk keperluan sehari-hari hanya 27 orang, maka yang dijadikan sampel adalah 27 responden.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Keterbatasan Penelitian

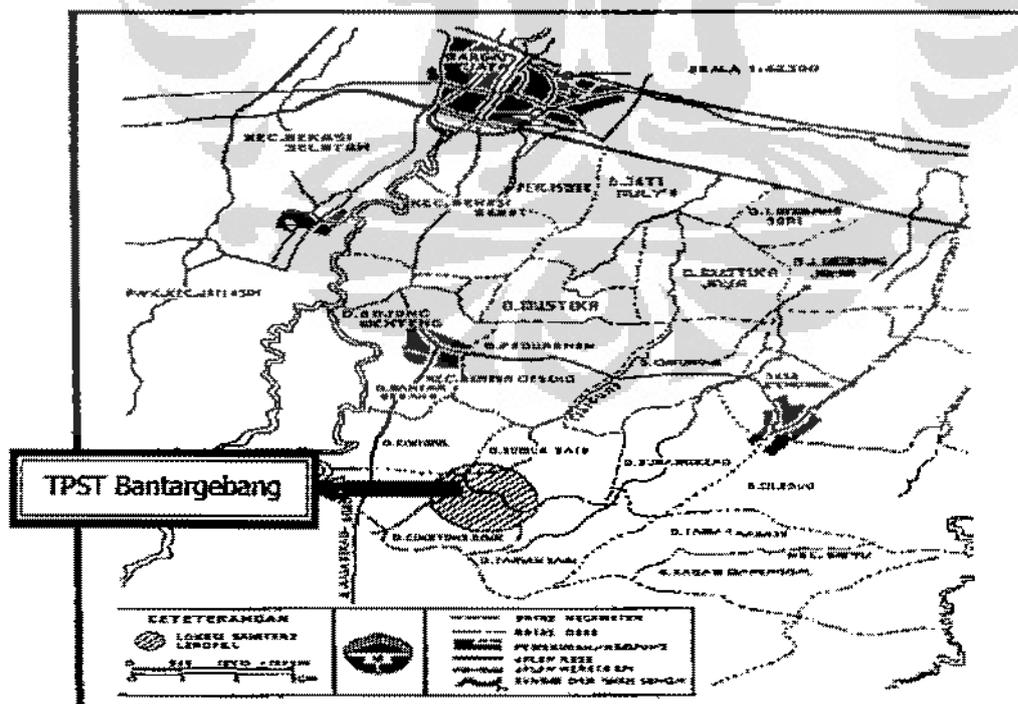
Keterbatasan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dibatasi oleh ketersediaan data dari Dinas Kebersihan DKI Jakarta dan Pengelola TPST Bantargebang yang mungkin untuk dipublikasikan.
2. Waktu penelitian hanya dibatasi pada musim kemarau.

### 4.2. Kondisi Umum Daerah Penelitian

#### 4.2.1. Kondisi Geografis TPST Bantargebang

Lokasi TPST Bantargebang secara administrasi terletak di Kecamatan Bantargebang, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Lahan ini terletak  $\pm 13$  km sebelah selatan Kota Bekasi, berjarak  $\pm 2$  km dari jalan raya Bekasi-Bogor, dan  $\pm 40$  km sebelah timur Jakarta Pusat. Kecamatan Bantargebang membawahi 8 desa, yaitu Desa Layung Sari, Desa Cikiwul, Desa Pedurenan, Desa Cimuning, Desa Sumur Batu, Desa Ciketing Udik, Desa Mustika Jaya, dan Desa Mustika Sari.

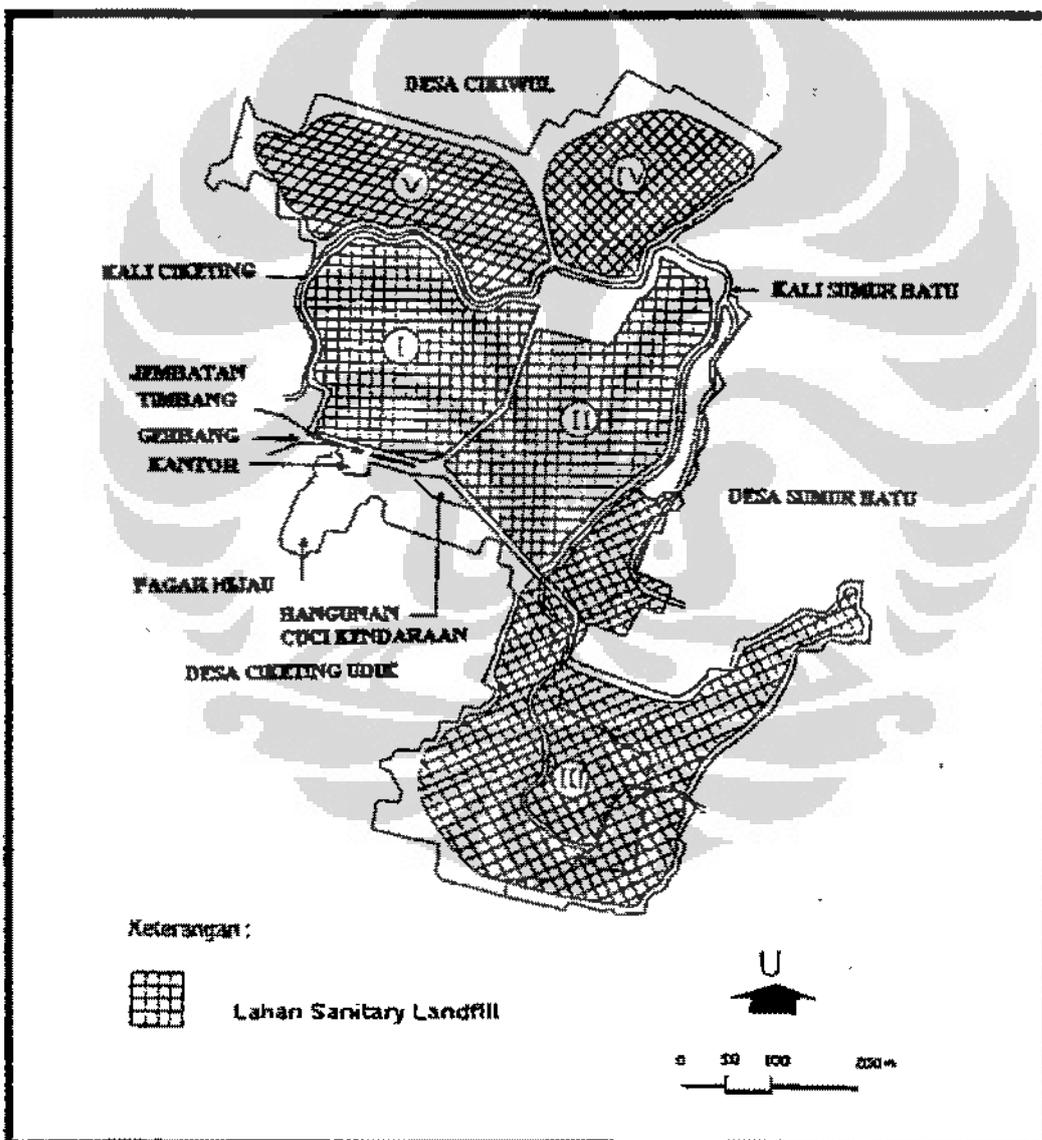


**Gambar 22.** Peta Lokasi TPST Bantargebang  
*Sumber: Dinas Kebersihan dalam Astuti, 2000*

Lokasi TPST Bantargebang berbatasan langsung dengan tiga desa, yaitu :

1. Sebelah Selatan : Desa Ciketing Udik (luas: 343,340 ha)
2. Sebelah Utara dan Barat : Desa Cikiwul (luas: 343,700 ha)
3. Sebelah Utara dan Timur: Desa Sumur Batu (luas: 568,955 ha)

Secara keseluruhan luas lahan TPST Bantargebang yang perencanaannya menerapkan sistem *sanitary landfill* (lahan urug saniter) adalah 108 Ha, yang dibagi ke dalam 5 zona yaitu zona I sampai dengan zona V.



**Gambar 23.** Pembagian Zona TPST Bantargebang  
*Sumber: Dinas Kebersihan dalam Astuti, 2000*

**Tabel 14.** Pembagian Zona di TPST Bantargebang

Wilayah	Area Total (Ha)	Area Efektif (Ha)
Zona I	25	18,3
Zona II	23	17,7
Zona III	35	25,41
Zona IV	13	11,0
Zona V	12	9,5
Total	108	81,91

*Sumber: Dinas Kebersihan, 2007*

#### **4.2.2. Keadaan Topografi TPST Bantargebang**

Kecamatan Bantargebang terletak pada daerah yang relatif datar, secara umum tanahnya landai dari selatan ke utara. Sebagian besar sungai mengalir dari arah selatan ke utara. Kemiringan tanah di sebelah utara jalan regional antara 0%-0,25% dan di bagian selatan 0%-2%.

Disekitar lokasi TPST Bantargebang, mengalir beberapa sungai dan irigasi yang melintasi lokasi ini, yaitu:

1. Sungai Ciketing yang berhulu di Desa Sumur Batu
2. Sungai Sumur Batu
3. Beberapa saluran sungai

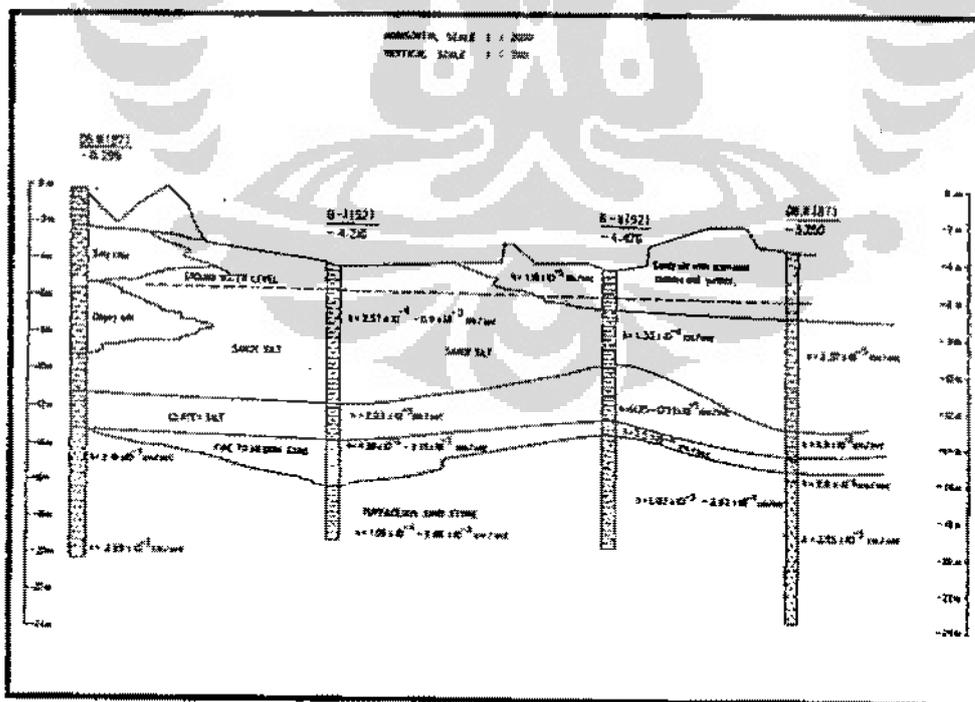
Sungai Ciketing mempunyai lebar  $\pm 3$  m, di saat musim kemarau debit aliran sungai ini sangat kecil. Aliran Sungai Ciketing berawal dari Desa Ciketing Udik di sebelah selatan TPST yang mengalir ke arah timur laut yaitu ke Desa sumur Batu dengan kecepatan aliran kecil. Sungai Ciketing bagian timur laut yang berbatasan dengan Desa Sumur Batu memiliki debit aliran yang lebih besar.

Aliran Sungai Sumur Batu berawal dari arah selatan, yaitu sebelah timur Sungai Ciketing. Aliran Sungai Sumur Batu cukup besar dan mengalir ke arah timur laut. Sungai Sumur Batu merupakan batas wilayah antara Desa Ciketing Udik dan Desa Sumur Batu. Sungai Sumur Batu akan bergabung dengan Sungai Ciketing di bagian timur laut lahan dan selanjutnya dinamakan Sungai Ciketing Sumur Batu.

Elevasi Sungai Sumur Batu berkisar 2-3,5 m lebih rendah dari Sungai Ciketing. Di bagian barat Sungai Ciketing, bagian timur Sungai Sumur Batu, dan sebelah barat Sungai Ciketing Sumur Batu, terdapat daerah persawahan dengan jenis tanaman padi sawah, dimana sistem pengairannya menggunakan air dari sungai-sungai tersebut.

Ditinjau dari segi topografi, letak Desa Ciketing Udik berada di hulu TPST, sedangkan Desa Sumur Batu dan Desa Cikiwul berada di tengah hingga hilir TPST. Dengan demikian, secara hidrogeologi air akan mengalir dari Desa Ciketing Udik menuju Desa Sumur batu dan Desa Cikiwul.

Tanah permukaan terdiri atas lempung berwarna kemerahan dan kecoklatan. Elevasi dari tanah permukaan tersebut sangat tidak teratur, sebagian berbentuk bukit-bukit gundul dan sebagian bekas *excavation land* (galian tanah) yang menyebabkan topografi lokasi sangat kasar dan hampir seluruhnya merupakan *open area* (wilayah terbuka). Umumnya topografi lahan cenderung menurun ke arah timur laut. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang pernah dilakukan, maka pembagian tanah dapat dilihat pada Gambar 24.



**Gambar 24.** Potongan Struktur Tanah  
 Sumber: Dep. PU dalam Astuti, 2000

Berdasarkan Gambar 24, tanah di lokasi TPST Bantargebang terdiri atas:

1. *Organic Silty Clay* (Lempung kelanauan organik)  
Jenis ini ditemukan di daerah dataran rendah dengan ketebalan 2,0 m. Lapisan ini berwarna abu-abu gelap ke abu-abu kekuning-kuningan.
2. *Silty sands* (Pasir kelanauan)  
Jenis ini ditemukan dengan ketebalan 2,0 m. Lapisan ini berwarna coklat dengan beberapa kerikil dan koral.
3. *Sandy Silt* (Lanau kepasiran)  
Jenis ini ditemukan di daerah datar dengan ketebalan 7,5 m-3,5m. Lapisan ini berwarna coklat kemerahan sampai coklat kekuningan.
4. *Clays Silts* (Lanau kelempungan)  
Jenis ini ditemukan dengan ketebalan 7,6 m-9,7 m dan 5,0 m- 8,1 m. Lapisan ini berwarna coklat terang sampai coklat gelap.

Menurut Peta Tanah Semi Detail daerah Bekasi dan sekitarnya (JABOTABEK III) berskala 1:50.000 yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Tanah Bogor (1981), jenis tanah di sekitar TPST Bantargebang adalah latosol merah dengan sifat antara lain: tekstur tanah halus, drainase sedang, dan bahan induk berasal dari tuf vulkanik intermedier.

Berdasarkan jenis-jenis tanah tersebut, berarti tanah di TPST Bantargebang mempunyai kandungan liat tanah tinggi. Apabila kandungan liat tanah tinggi, kemampuan mengikat polutan lindi sangat baik, tetapi kemampuan menyerap lindi rendah sehingga lindi yang terbentuk akan menggenang di permukaan dan mengalir ke lahan di luar lokasi. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran air sungai dan air tanah di sekitar TPST Bantargebang. Semua jenis tanah tidak sama kemampuannya dalam menahan/menyerap polutan lindi, menurut Departemen PU (1994), yang paling sesuai untuk dijadikan lokasi pembuangan sampah dengan sistem lahan urug saniter adalah 50% pasir dan 50% lempung serta liat dengan perbandingan yang seimbang.

#### **4.2.3. Keadaan Klimatologi TPST Bantargebang**

Bantargebang berada di wilayah beriklim tropis yang mengalami musim hujan dan musim kemarau dengan jumlah hujan yang bervariasi setiap tahun.

Bantargebang mempunyai pola curah hujan yang mendekati Kota Jakarta karena jarak keduanya yang relatif dekat. Dengan kondisi demikian dan lengkapnya data iklim di Kota Jakarta, maka pada penulisan ini digunakan iklim Kota Jakarta sebagai acuan.

Berdasarkan data curah hujan yang terjadi di Kota Jakarta, maka dalam satu tahun akan mengalami pola hujan sebagai berikut:

1. Musim kemarau, yaitu Juni sampai dengan September
2. Musim pancaroba, yaitu Oktober, November, April, Mei
3. Musim hujan, yaitu Desember sampai dengan Maret

**Tabel 15.** Data Klimatologi Rerata Bulanan Tahun 2008

Bulan	Temperatur (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban (%)	Penyinaran Matahari (%)	Kecepatan Angin Rata- rata (Knot)
Januari	27,8	160	80	6,06	5,7
Februari	25,8	828,3	88	1,07	5,2
Maret	26,5	113,7	85	4,39	4,7
April	27,1	350	85	5,53	4,1
Mei	27,4	24,5	80	6,71	4,7
Juni	27	57,2	81	5,83	5,1
Juli	26,9	4,8	82	3,22	5,3
Agustus	27	56,8	79	5,97	5,5
September	27,7	4,6	77	6,2	4,3
Oktober	28,1	97,5	78	5,16	4,6
November	27,5	134,4	83	4,07	4,9
Desember	27	142,2	84	3,19	4,9

Sumber: Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika, 2008

Jumlah hari hujan berkisar antara 100-135 hari dalam satu (1) tahun. Ketinggian curah hujan dalam satu tahun rata-rata  $\pm 1870$  mm dan bervariasi antara 42,5–828,3 mm tiap bulannya. Semakin tinggi curah hujan maka produksi lindi juga akan semakin tinggi. Berdasarkan Tabel 15, dapat diketahui bahwa pada bulan

Juni sampai Juli adalah musim kemarau karena curah hujannya 4,8-57,2 mm (<60 mm), dimana pada bulan tersebut penelitian sedang dilakukan.

Tekanan udara mempunyai rata-rata 1010,58 mmHg. Kelembaban mempunyai variasi rata-rata bulanan antara 70%-90% dengan kelembaban rata-rata tiap tahun sebesar 80%. Karakteristik temperatur mempunyai variasi rata-rata bulanan yang relatif kecil, yaitu berkisar antara 25°C-28°C. Nilai rata-rata temperatur yang terjadi dalam satu (1) tahun adalah 27,2°C. Suhu berpengaruh langsung terhadap proses penguapan yang terjadi, suhu juga sangat berpengaruh terhadap kelembaban dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam penguraian sampah organik. Menurut Rosenberg dalam Haslinda (1998), suhu pada *landfill* dipengaruhi oleh tingkat dan macam aktivitas mikroorganisme serta lingkungan di sekitarnya.

Angin sebagian bertiup dari arah timur laut dan arah barat laut, dimana pada bulan Desember sampai dengan Maret angin bertiup dari arah barat laut, bulan April sampai dengan Agustus bertiup dari arah timur dan bulan September sampai dengan Nopember angin bertiup dari arah utara. Kecepatan angin rata-rata 4,9 knot. Arah angin ini akan mempengaruhi persebaran bau dan populasi lalat. Pada saat musim kering atau udara panas, populasi lalat tidak meledak dan bau sampah tidak begitu menyengat karena kondisi sampah mudah mengering.

#### **4.2.4. Tata Guna Lahan**

Lahan di sekitar TPST Bantargebang terdiri atas persawahan di dataran yang lebih rendah, serta pertanian campuran pada dataran yang lebih tinggi.

1. Wilayah Utara dan Selatan : pertanian campuran dan perumahan
2. Wilayah Timur : persawahan
3. Wilayah Barat : pertanian campuran dengan persawahan di sebelah Selatan

Daerah terbangun pada lokasi TPST hanya sarana perkantoran dan jembatan timbang di muka pintu masuk areal TPST, serta rumah-rumah non-permanen (gubuk) para pemulung yang bekerja di lokasi TPST Bantargebang. Di sekitar

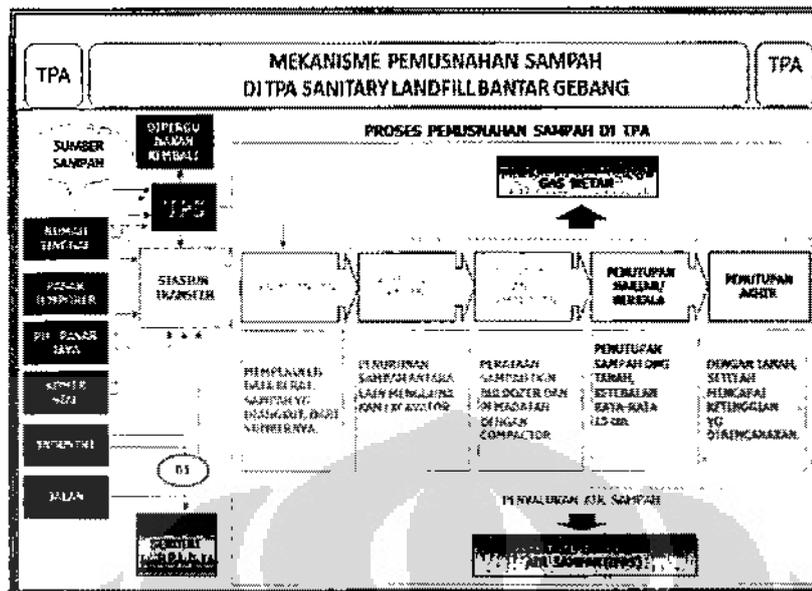
jalan masuk di lokasi TPST terdapat banyak bangunan yang bersifat permanen, seperti bangunan pabrik industri makanan ternak, industri pakaian jadi, serta pergudangan.

#### **4.2.5. Pengelolaan Sampah di TPST Bantargebang**

TPST Bantargebang adalah TPST sampah yang disediakan Pemda DKI Jakarta yang pemanfaatannya telah dimulai pada tahun 1990 dan direncanakan akan digunakan hingga tahun 2005. Hal ini berarti seharusnya TPST Bantargebang sudah harus ditutup karena masa pakainya sudah habis.

Berdasarkan data dari Dinas Kebersihan (2007), jumlah sampah yang diangkut ke TPST Bantargebang sebanyak 22.620 m<sup>3</sup>/hari atau  $\pm$  84% dari total timbunan sampah, sedangkan total jumlah sampah yang telah tertanggulangi yaitu 26,518 m<sup>3</sup>/hari atau sekitar 98%. Penambahan sampah yang terus menerus ke TPST Bantargebang mengakibatkan proses penguraian sampah juga berlangsung secara kumulatif, sekaligus mengakibatkan berbagai tingkat penguraian jenis sampah dapat terjadi secara bersamaan. Sejak dibangunnya TPST Bantargebang hingga tahun 2008, luas areal yang telah dimanfaatkan sebagai lahan TPA sampah seluas 81,91 ha. Menurut Mason (1981), luas lahan yang digunakan untuk TPA sampah akan menentukan wilayah dampak pencemaran. Sejalan dengan penambahan luas areal TPA dan penambahan volume sampah yang terakumulasi di TPA, maka umur sampah akan bertambah. Umur sampah akan menentukan tingkat penguraian yang terjadi dimana perubahan-perubahan kimia terus terjadi hingga tercapainya kestabilan. Perubahan-perubahan kimia yang terjadi di dalam timbunan sampah ini yang dapat menentukan kualitas dan kuantitas lindi.

Mekanisme pengelolaan sampah di TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 25.



**Gambar 25. Mekanisme Pengelolaan Sampah di TPST Bantargebang**  
*Sumber: Dinas Kebersihan, 2008*

Secara konsep pengelolaan sampah dengan sistem lahan urug saniter dapat menekan timbulnya pengaruh negatif seminimal mungkin, namun demikian pelaksanaannya bukanlah tanpa menimbulkan pengaruh negatif. Salah satu pengaruh negatif dari lahan urug saniter terhadap lingkungan, khususnya lingkungan perairan, baik air permukaan maupun air tanah adalah karena terbentuknya lindi dari timbunan sampah. Pengaruh berupa pencemaran air tanah akan terus berlanjut karena masyarakat sering menggunakan air yang telah tercemar tersebut sebagai sumber air bersih.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, sampah masih banyak berceceran di jalan di dalam areal TPST, dan saluran drainase juga tertutup tanah dan sampah. Pada umumnya revegetasi kurang berhasil, hal ini terlihat dari hanya sedikit sekali tanaman yang tumbuh di zona yang telah dihijaukan. Salah satu penyebabnya adalah karena perawatan kurang baik. Pemulung masih bebas mengambil sampah di zona yang sedang diisi dan dipadatkan. Hal ini dapat dilihat disekitar alat berat yang sedang memadatkan sampah, beberapa pemulung sibuk memilah sampah. TPST Bantargebang pada dasarnya menggunakan sistem lahan urug saniter, pada sistem ini salah satu standar operasional prosedur (SOP)nya adalah tidak dibenarkan orang berada di areal TPST, kecuali petugas. Namun yang terjadi di TPST Bantargebang selama ini, SOP lahan urug saniter tidak dapat

diterapkan secara konsisten. Hal ini selain mengganggu aktivitas petugas dalam pengelolaan sampah juga berbahaya terhadap keselamatan jiwa pemulung. Pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lahan urug saniter yang sesuai dengan persyaratan lahan urug saniter yang berlaku semestinya sangat diperlukan agar dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh lahan urug saniter dapat diminimalkan.

#### **4.2.6. Pengolahan Lindi TPST Bantargebang**

Perencanaan pembangunan unit pengolahan lindi dilakukan sedemikian rupa sehingga apabila timbul hasil yang tidak sesuai dengan perencanaan awal dapat dengan mudah dimodifikasi, misalnya kualitas effluen atau debit lindi yang tidak sesuai dengan perkiraan semula.

Pengumpulan lindi dari masing-masing zona lahan efektif dilakukan dengan:

1. Saluran primer, berupa sirip drainase plastik yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengalirkan lindi dari dalam lahan efektif ke bak kontrol saluran primer.
2. Saluran sekunder, berupa jaringan pipa PVC yang berfungsi untuk menghubungkan tiap bak kontrol dengan bangunan pengolah lindi.

Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) bertujuan untuk mengurangi konsentrasi pencemar dalam lindi sampai ke tingkat aman untuk dibuang ke badan air terdekat, yaitu Sungai Ciketing dan Sungai Sumur Batu. Penempatan IPAS pada TPST Bantargebang ditentukan berdasarkan:

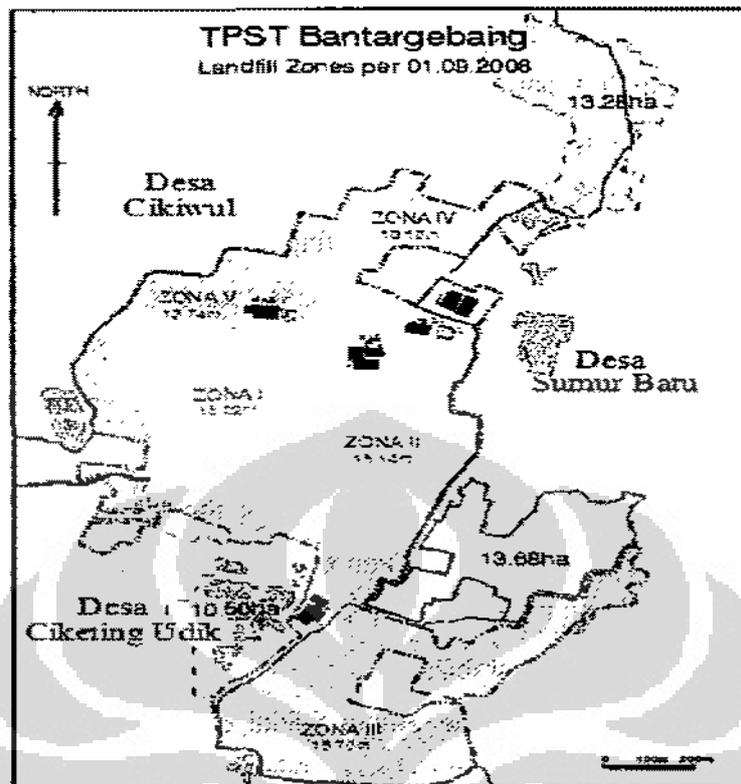
- a. Kondisi topografi. IPAS didirikan pada lokasi terendah sehingga pengaliran pada saluran primer dapat berlangsung secara gravitasi.
- b. Jarak yang terdekat antara IPAS dan zona layanannya.
- c. Posisi badan air terhadap lokasi pengolahan. Lindi yang telah diolah memerlukan suatu titik pelepasan di Sungai terdekat jarak antara keduanya (IPAS dengan Sungai) tidak boleh terlalu jauh.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka IPAS di TPST Bantargebang didirikan di empat (4) lokasi, yaitu:

1. IPAS I, terletak dekat dengan Sungai Ciketing dan direncanakan menampung lindi dari zona I. Kapasitas total IPAS I adalah 500 m<sup>3</sup>/hari. Pengolahan yang digunakan adalah *Aerated Lagoon* yang terdiri atas 1 *Equalization tank*, 2 *aerated lagoons*, dan 1 *polishing pond*.
2. IPAS II, terletak dekat dengan Sungai Sumur Batu dan direncanakan menampung lindi dari zona II. Kapasitas total IPAS II adalah 700 m<sup>3</sup>/hari. Pengolahan yang digunakan adalah *Activated Sludge with sludge resirculation* yang terdiri atas 1 kolam pra aerasi, 2 kolam aerasi, 1 kolam sedimentasi, 1 *equalizing pond*.
3. IPAS III, direncanakan menampung lindi dari zona III. Kapasitas total IPAS III adalah 700 m<sup>3</sup>/hari. Pengolahan yang digunakan adalah kolam aerasi yang terdiri atas 2 kolam pra aerasi, 2 kolam aerasi, 1 kolam sedimentasi, 1 kolam stabilisasi.
4. IPAS IV, direncanakan menampung lindi dari zona IV dan V. Kapasitas total IPAS IV adalah 300 m<sup>3</sup>/hari. Pengolahan yang digunakan adalah *Aerated Lagoon* yang terdiri atas 3 *equalization tank*, 2 *aerated lagoons*, 1 *sedimentation tank*, dan 1 *polishing pond*.

Sistem pengolahan memanfaatkan proses biologis, hal ini disebabkan oleh:

1. Lindi yang dihasilkan mengandung zat organik yang tinggi karena sampah yang ditampung di TPST Bantargebang sebagian besar merupakan sampah domestik.
2. Suhu rata-rata yang cukup tinggi di Bantargebang merupakan salah satu parameter yang dapat menyebabkan tingkat penguraian biologis cukup tinggi.



**Gambar 26.** Peta Lokasi IPAS di TPST Bantargebang  
*Sumber: Dinas Kebersihan, 2009*

Berdasarkan pengamatan di lapangan, timbunan sampah pada beberapa zona masih belum ditutup dengan tanah sehingga menghasilkan lindi yang dapat merembes ke dalam tanah atau mengalir ke badan sungai. Pada saluran drainase terlihat air berwarna kehitaman dan menggenang, bahkan di beberapa lokasi air dari saluran drainase tersebut melimpah sampai ke jalan. Saluran drainase yang tergenang air, apalagi pada musim kemarau adalah indikasi bahwa saluran drainase kurang berfungsi. Sedangkan air di saluran drainase yang berwarna hitam adalah indikasi bahwa ada gangguan pada pipa paralon di dalam zona sehingga lindi terhalang masuk ke IPAS yang melewati paralon tersebut. Hal ini berindikasi bahwa pemantauan dan pemeliharaan yang dilakukan pengelola terhadap sarana instalasi pengolahan lindi masih buruk.

#### **4.2.7. Kondisi Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat**

Di sektor ketenagakerjaan, sebagian besar penduduk di Kecamatan Bantargebang bekerja di bidang pertanian (mempunyai tanah sendiri atau buruh tani). Bidang pekerjaan lainnya adalah sebagai pedagang, buruh, pegawai

negeri, ABRI, dan lain-lain. Dari hasil wawancara terungkap bahwa sebagian besar responden mempunyai tingkat pendidikan yang relatif masih rendah dan bahkan ada yang masih buta huruf dengan tingkat persentase yang relatif tinggi yaitu sebesar 71% dari seluruh responden. Tingkat pendidikan yang relatif rendah ini tentu saja dapat mempengaruhi pola-pola yang dilakukan masyarakat dalam memelihara kesehatannya.

Banyak penelitian yang sudah dilakukan membuktikan bahwa tingkat pendidikan yang dimiliki seorang individu memberikan pengaruh yang signifikan bagi individu tersebut dalam memahami manfaat pemeliharaan kesehatan. Hal ini tercermin dari bagaimana cara-cara individu tersebut untuk memelihara kesehatannya baik berupa kesehatan fisik biologis maupun kesehatan fisik di sekitarnya. Orang yang berpendidikan tinggi, tentu akan lebih memahami manfaat pemeliharaan kesehatan. Namun sebaliknya bagi individu yang berpendidikan relatif rendah, kurang memahami akan pentingnya manfaat pemeliharaan kesehatan, apalagi bila ditambah kehidupan sosial ekonomi individu tersebut yang relatif rendah, maka hal ini akan semakin mendorong individu tersebut untuk mengabaikan masalah kesehatannya.

Bila dilihat secara demografis, sebelum adanya TPST Bantargebang, Kecamatan Bantargebang merupakan daerah yang sebagian besar penduduknya hidup sebagai petani. Dengan adanya TPA sampah di wilayah ini, maka banyak penduduk baru yang datang dan kemudian bekerja sebagai pemulung di wilayah ini. Namun tidak semua pendatang yang bermukim di Kecamatan Bantargebang menggeluti aktivitas ekonomi sebagai pemulung. Hal ini terungkap dari data yang diperoleh, sebanyak 43% responden yang merupakan penduduk setempat beranggapan bahwa pendatang yang bekerja sebagai pemulung diuntungkan dengan adanya TPA sampah tersebut. Dengan kata lain, ada sebagian penduduk asli setempat yang semula bekerja sebagai petani (terutama penduduk dari tiga desa yang terletak di sekitar TPST Bantargebang) beralih pekerjaannya dari petani menjadi pemulung karena tidak ada pilihan lain untuk mendapatkan lapangan pekerjaan dan umumnya penduduk yang terlibat dalam kegiatan pemulungan adalah penduduk yang mempunyai pendidikan relatif rendah. Gambaran ini menunjukkan bahwa penduduk yang menggeluti aktivitas sebagai

pemulung diduga hampir semuanya mempunyai latar belakang sosial ekonomi rendah. Dengan kondisi sosial ekonomi yang rendah ini, mereka tidak mempedulikan bahwa pekerjaan yang mereka geluti sebagai pemulung menimbulkan risiko yang sangat besar pada kesehatan mereka. Oleh karena itulah, mengapa sebagian besar penduduk yang berada di sekitar TPA sampah memberikan respon positif terhadap keberadaan TPST Bantargebang.

Apabila dilihat dari lingkungan fisik pemukiman, pada umumnya penduduk setempat mempunyai rumah panggung dinding kayu dan ada juga sebagian bangunan baru yang sudah permanen. Dengan adanya TPA sampah, muncul kegiatan lain yang dilakukan penduduk setempat yaitu menyewakan tanah pekarangan mereka untuk digunakan sebagai tempat tinggal bagi para pendatang yang bekerja sebagai pemulung. Terdapat sekitar 52% responden menyatakan bahwa tanah pekarangan mereka disewakan untuk digunakan para pemulung mendirikan gubuk-gubuk sebagai tempat tinggal disamping sebagai tempat penyimpanan hasil pungutan barang dari TPA sampah.

Dengan adanya penyewaan tanah pekarangan untuk digunakan mendirikan gubuk-gubuk bagi para pemulung, tentu saja secara fisik akan mengurangi nilai estetika dan keindahan lingkungan pemukiman. Apalagi banyak tumpukan sampah yang disimpan di tanah pekarangan tersebut, disamping menimbulkan bau yang tidak enak juga dapat menimbulkan pencemaran udara yang justru dapat mengganggu kesehatan penduduk di sekitarnya. Meskipun demikian, kondisi tersebut tidak menimbulkan rasa khawatir atau mengganggu bagi masyarakat tersebut. Umumnya masyarakat tidak memberikan perhatian serius terhadap tumpukan sampah yang ada di tanah pekarangan mereka, malah sebaliknya dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa sekitar 38% responden merasa senang karena dengan menyewakan tanah pekarangan mereka sebagai gubuk-gubuk dan tempat penyimpanan sampah hasil dari TPA berarti pendapatan keluarga bertambah, dan sisanya 20% yang merasa biasa saja terhadap keadaan di sekitarnya dan tidak ada responden yang merasa terganggu dengan keadaan tersebut.

Dari aspek sosial ekonomi, keberadaan TPA sampah dapat memberikan tambahan pendapatan bagi penduduk setempat, namun agak berbeda apabila dilihat dari pengaruhnya yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, salah satunya adalah pencemaran terhadap air tanah. Air tanah khususnya air sumur penduduk yang digunakan sebagai sumber air bersih diduga telah tercemar oleh adanya TPST Bantargebang. Hal ini dapat diketahui dari data yang diperoleh, dimana sekitar 67% responden menyatakan selama ada TPST Bantargebang, air sumur menjadi keruh dan rasa air berubah menjadi amis. Adanya pencemaran terhadap air sumur penduduk, diperkuat dengan hasil pengukuran kualitas air tanah selama penelitian terutama untuk lokasi di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu, dalam hal ini semua parameter kualitas air yang dianalisis menunjukkan hasil yang telah melampaui baku mutu air bersih sesuai PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/DX/1990.

Dengan tingkat pendidikan dan pendapatan yang relatif rendah, serta tidak adanya pekerjaan lain sebagai alternatif, maka sebagian dari penduduk setempat beralih pekerjaan menjadi pemulung. Ditambah lagi dengan tingkat kesadaran terhadap pemeliharaan kesehatan yang relatif rendah, maka penduduk yang bertempat tinggal di sekitar TPST Bantargebang khususnya di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu baik yang bekerja sebagai pemulung maupun petani akan sangat rentan dihindangi berbagai macam penyakit.

#### **4.2.8. Kondisi Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan**

Gambaran kondisi kesehatan penduduk di Kecamatan Bantargebang umumnya tidak jauh berbeda dengan kondisi kesehatan penduduk Indonesia lainnya. Kondisi kesehatan masyarakat dan lingkungan di sekitar TPST Bantargebang eksisting dianalisis berdasarkan data primer dan data sekunder. Data-data ini merupakan gabungan dari hasil wawancara dengan responden, data dari puskesmas Kecamatan Bantargebang, dan hasil pemantauan langsung di lapangan. Dalam kaitannya dengan persampahan, pada kenyatannya TPST Bantargebang telah menimbulkan masalah karena sampah-sampah yang dibuang ke TPST seringkali tidak langsung ditutup dengan tanah pada hari yang sama, sehingga keadaan ini mengakibatkan timbulnya bau busuk dan meningkatnya populasi serangga tertentu seperti lalat.

Umumnya lindi yang terbentuk dari sampah akan dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS), akan tetapi pada lokasi TPST yang ditumpuki sampah dengan ketinggian melebihi batas pinggir lahan TPST (berdasarkan hasil pengukuran ketinggian sampah pada Bulan Desember 2006 oleh PPSML UI, diketahui bahwa masih banyak zona yang telah melampaui batas ketinggian maksimum yang disyaratkan yaitu setinggi  $\pm 12$  meter), terlihat adanya aliran lindi yang berwarna coklat kehitaman dan mengalir bebas memasuki perairan umum atau lahan sekitarnya. Keadaan ini akan mempengaruhi kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi tersebut. Masalah ini juga akan berpengaruh terhadap air tanah, dan erat kaitannya dengan penyediaan air bersih bagi penduduk sekitarnya, karena berdasarkan data yang ada bahwa sebagian besar penduduk masih menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih.

Kualitas air tanah dalam hal ini air sumur gali penduduk selain dipengaruhi oleh lindi sampah TPST juga dipengaruhi sarana sanitasi lingkungan. Sanitasi lingkungan yang buruk dapat menyebabkan tercemarnya air tanah, jika air yang tercemar digunakan sebagai sumber air minum atau air bersih dapat mempengaruhi tingkat kesehatan penduduk dengan timbulnya berbagai penyakit seperti diare dan penyakit kulit.

Berdasarkan hasil kuesioner yang disebar kepada 27 kepala keluarga yang tinggal di sekitar Sungai Ciketing Udik-Sumur Batu, yang masih menggunakan sumur gali untuk keperluan sehari-hari, mengatakan bahwa dengan adanya TPA sampah di sekitar daerah penelitian, telah menyebabkan lingkungan pemukiman penduduk menjadi kurang bersih. Hal ini selanjutnya akan mengganggu kesehatan penduduk tersebut. Meskipun memberikan tambahan pendapatan, namun keberadaan TPA sampah telah menimbulkan berbagai keluhan dari penduduk setempat terutama dari aspek kebersihan lingkungan. Data yang diperoleh mengungkapkan bahwa 87% responden berpendapat TPA sampah menyebabkan lingkungan pemukiman menjadi kurang nyaman, terutama karena bau yang tidak sedap baik yang berasal dari tumpukan sampah di TPA maupun tumpukan sampah dari hasil pungutan yang dilakukan oleh pemulung.

Sumber air bersih untuk keperluan mandi, cuci, memasak responden adalah air sumur. Dalam hal ini jarak antara sumur ke tangki septik yang dimiliki penduduk cukup bervariasi, dimana 62% responden menjawab jarak sumur ke tangki septik antara 5-10 meter, 30% lebih dari 10 m dan sisanya 8% memiliki jarak sumur dengan tangki septik kurang dari 5 m. Bahkan gambaran yang ada memperlihatkan bahwa 27% penduduk menggunakan sungai sebagai tempat untuk membuang air. Berdasarkan gambaran yang telah dikemukakan, tidak heran apabila sebagian besar penduduk setempat terkena penyakit dimana air sebagai sumber media penyebaran. Hal ini terungkap dari apa yang dikemukakan oleh responden terhadap berbagai penyakit yang sering diderita. Sebagian besar responden (44,5%) menyatakan bahwa penyakit yang sering diderita adalah diare dan gatal-gatal pada kulit.

**Tabel 16.** Data Jenis Penyakit yang Diderita Masyarakat di Sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu (Tanggal 1 Agustus 2009-15 Agustus 2009)

No	Jenis Penyakit	Jumlah (orang)	Persentase (%)
1.	Diare	8	29,6
2.	Penyakit kulit	6	22,2
3.	Diare dan penyakit kulit	12	44,5
4.	<i>Conjunctivitis</i>	1	3,7

Sumber: Hasil Penelitian, 2009

Berdasarkan Tabel 16, dapat dilihat bahwa pada periode tanggal 1 Agustus 2009-15 Agustus 2009 dari 27 responden, 12 responden menderita diare dan gatal-gatal pada kulit. Jumlah ini mengindikasikan bahwa air yang digunakan masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Ciketing-Sumur Batu sudah tercemar.

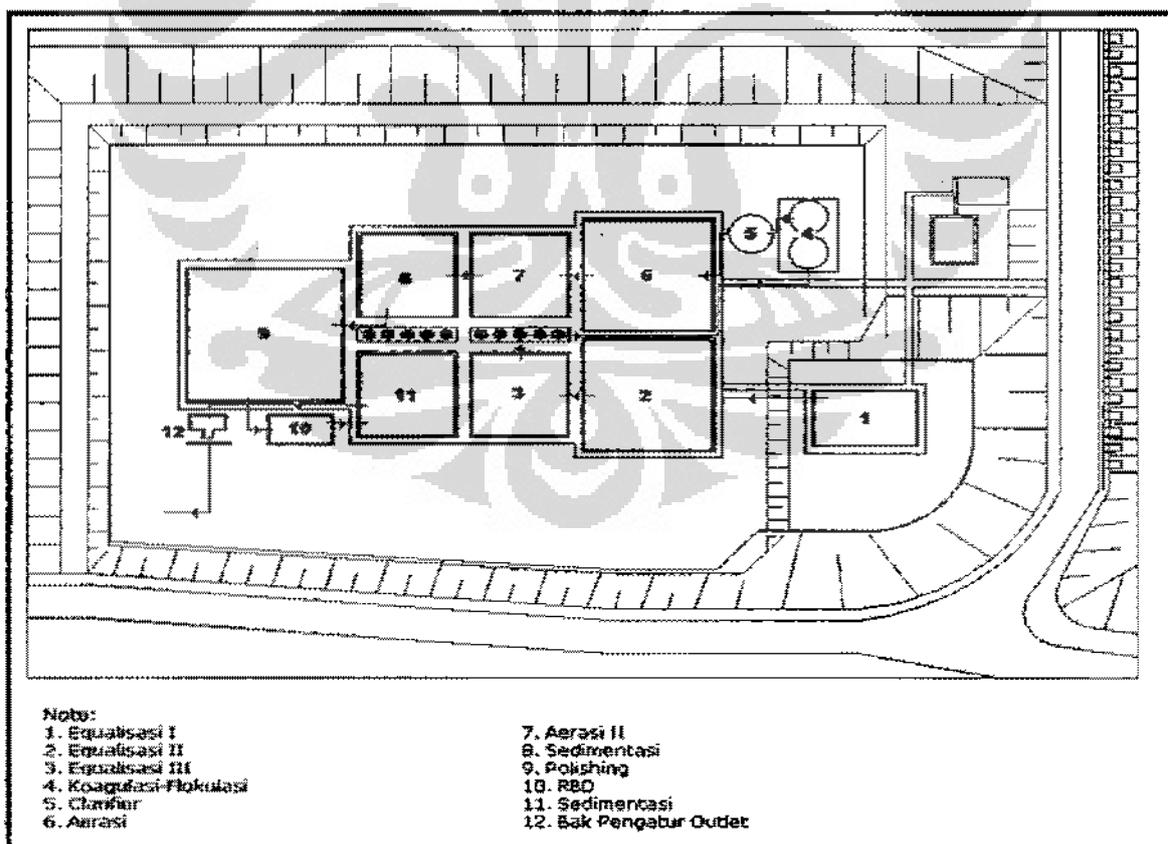
Upaya yang dilakukan oleh sebagian besar responden dalam memelihara kesehatannya adalah lebih ditujukan pada upaya kuratif dan rehabilitatif bukan pada upaya preventif, apalagi mungkin tidak akan terpikirkan untuk melakukan upaya-upaya promotif. Kondisi ini tentu saja tidak dapat lepas dari masih

rendahnya tingkat kehidupan sosial ekonomi responden. Meskipun demikian, ada kecenderungan sebagian besar responden menggunakan fasilitas kesehatan yang sudah lebih mengarah pada ilmiah medis. Hal ini tercermin dari data yang ada, dimana 73% responden menyatakan berobat ke puskesmas atau mantri, sedangkan sisanya menggunakan obat tradisional atau obat yang dijual bebas.

#### 4.3. Evaluasi Kinerja IPAS IV TPST Bantargebang

##### 4.3.1. Kondisi IPAS IV TPST Bantargebang Eksisting

Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang direncanakan berfungsi menampung lindi yang berasal dari zona IV dan V. Pada saat musim kemarau, lindi yang masuk ke instalasi pengolahan sangat sedikit dan pekat sedangkan pada musim hujan, debit yang masuk begitu besar sehingga sebagian lindi yang terdapat pada saluran pengumpul langsung dialirkan ke sungai tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Layout unit-unit pengolahan yang ada di IPAS IV dapat dilihat pada Gambar 27.



**Gambar 27.** Layout IPAS IV TPST Bantargebang

*Sumber: Pengamatan di Lapangan, 2009*

Berdasarkan Gambar 27, dapat dijelaskan proses operasional pengolahan lindi di setiap unit IPAS IV TPST Bantargebang, sebagai berikut:

#### 1. Bak Ekualisasi I

Lindi yang tertampung di saluran lindi mengalir secara gravitasi ke dalam bak ekualisasi I. Bangunan ini selain berfungsi sebagai penampung lindi juga berfungsi sebagai pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dan pengolahan biologi. Supaya jumlah beban organik yang terkandung dalam lindi sesuai dengan kriteria jumlah beban organik dari bangunan pengolah selanjutnya.

Bak ekualisasi I berfungsi untuk penyeragaman konsentrasi air limbah dan sebagai *ammonia removal* (menyisihkan ammonia). Di dalam bak ekualisasi I terdapat pompa submersible yang berfungsi untuk memompa air limbah menuju ke bak ekualisasi II karena posisi bak ekualisasi I berada di bawah bak ekualisasi II sehingga air limbah tidak dapat dialirkan secara gravitasi. Kapasitas total 640 m<sup>3</sup>. Sistem pengolahan yang dilakukan pada bak ekualisasi I adalah secara aerob (dengan bantuan oksigen). Oksigen berasal dari blower yang dipasang di tengah-tengah kolam. Waktu tinggal dalam bak ekualisasi I selama 1 hari, dan efisiensi penyisihan ammonia sekitar 20%.

#### 2. Bak Ekualisasi II

Dari bak ekualisasi I, lindi dipompakan ke bak ekualisasi II. Bak ekualisasi II berfungsi untuk mengubah ammonia menjadi nitrat. Diharapkan dalam bak ekualisasi II pH air limbah dapat netral (pH=7) untuk memudahkan proses kimia yang terjadi dalam bak koagulasi-flokulasi. Bak ekualisasi II mempunyai 2 buah aerator dan blower yang berfungsi menghasilkan oksigen yang dibutuhkan dalam mengubah ammonia menjadi nitrat. Kapasitas total 1000 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal selama 3 jam. Tingkat efisiensi penyisihan ammonia sebesar 20%.

#### 3. Bak Ekualisasi III

Dari bak ekualisasi II, lindi dialirkan ke bak ekualisasi III. Bak ekualisasi III berfungsi untuk menyisihkan ammonia atau mengubah ammonia menjadi nitrat. Bak ekualisasi III mempunyai 2 buah aerator yang berfungsi sebagai difusser. Sistem pengolahannya dilakukan secara

aerob. Kapasitas total 562,5 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal selama 3 jam. Tingkat efisiensi penyisihan ammonia sebesar 30-40%.

#### 4. Bak Koagulasi-Flokulasi (Proses Kimia)

Lindi dari bak ekualisasi III kemudian dipompa ke bak koagulasi-flokulasi untuk melakukan proses kimia. Bak koagulasi-flokulasi berbentuk silinder dengan kapasitas 2500 liter. Waktu tinggal 10 menit. Bak koagulasi-flokulasi berfungsi untuk memisahkan zat padat dari air limbah secara kimiawi (pemisahan dilakukan dengan cara dicampur dengan bahan kimia). Bahan kimia yang digunakan adalah aluminium sulfat atau tawas (sebagai koagulan) dan polimer (sebagai flokulan). Setelah pencampuran tersebut maka akan terjadi proses koagulasi (penggumpalan). Secara kimia, hal ini merupakan proses destabilisasi muatan pada zat padat yang terlarut oleh zat kimia koagulan sehingga zat padat tersebut menggumpal dan dapat mengendap.

Setelah proses koagulasi akan terbentuk flok kecil yang mudah diendapkan, agar lebih mudah diendapkan maka flok tersebut perlu diperbesar dengan melalui proses flokulasi. Aplikasi dari koagulasi dan flokulasi ini dilakukan dalam dua reaktor yang berbeda yaitu koagulator dan flokulator.

Pada proses koagulasi, zat kimia koagulan dicampur dengan air limbah selama beberapa saat hingga merata di bak koagulator. Setelah pencampuran ini akan terjadi destabilisasi dari koloid zat padat yang ada dalam air limbah. Keadaan ini menyebabkan tergumpalnya koloid-koloid tersebut menjadi ukuran yang lebih besar. Proses koagulasi ini dilakukan dalam satu tahap dan dalam waktu yang relatif cepat kurang dari 1 menit. Dalam proses ini, koloid-koloid yang sudah kehilangan muatannya atau terdestabilisasi mengalami saling tarik-menarik sehingga cenderung untuk membentuk gumpalan yang lebih besar. Air yang sudah mengalami proses koagulasi ini dialirkan ke reaktor kedua untuk proses penggumpalan/flokulasi.

Reaktor yang kedua disebut flokulator. Flok-flok kecil yang sudah terbentuk di koagulator akan diperbesar di flokulator. Proses pembesaran dilakukan dengan cara pengadukan secara bertahap dari kekuatan yang besar kemudian mengecil. Hal ini dilakukan supaya flok yang sudah terbentuk tidak pecah lagi. Akhir dari proses ini adalah flok yang terbentuk cukup besar untuk dapat diendapkan dalam clarifier. Proses flokulasi dilakukan dengan lambat yaitu 10-15 menit.

Pengaduk yang digunakan adalah agitator. Pengadukan bertujuan untuk menciptakan tumbukan antar partikel yang ada dalam air limbah. Pengadukan pada proses koagulasi akan membantu meratakan koagulan yang telah dibubuhkan sedangkan pada proses flokulasi, pengadukan akan menumbukkan partikel-partikel flok sehingga membentuk suatu gumpalan yang lebih besar sehingga cukup besar untuk diendapkan.

Daya untuk pengadukan dilakukan secara mekanik. Pengadukan cepat dilakukan dengan cara terjunan. Dalam pengadukan dengan terjunan, pembubuhan zat kimia dilakukan sesaat sebelum air diterjunkan, dengan demikian air yang terjun sudah mengandung koagulan yang siap diaduk.

#### 5. Clarifier

Dari bak koagulasi-flokulasi, lindi diendapkan di clarifier. Clarifier atau bak pengendap berfungsi untuk memisahkan partikel yang ada dalam air limbah secara gravitasi. Clarifier berbentuk dadar (tabung dengan bagian bawah mengerucut). Kapasitas total sebesar  $19,625 \text{ m}^3$ . Waktu tinggal selama 3 jam. Setelah terjadi pengendapan, lumpur akan dialirkan ke sludge drying bed dan air akan mengalir ke bak aerasi A.

#### 6. Bak aerasi A

Air lindi yang sudah diendapkan di clarifier kemudian dialirkan ke bak aerasi A. Bak aerasi A berfungsi untuk menambahkan oksigen dan menaikkan pH air secara alami ( $\text{pH}=6-7$ ). Proses pengolahan yang terjadi pada bak ini adalah proses biologi yang secara prinsip hampir sama dengan proses lumpur aktif *extended aeration* konvensional. Pada bak aerasi A tidak menggunakan aerator untuk penambahan oksigen, namun oksigen ditambahkan melalui blower. Aerator tidak digunakan dalam bak

ini karena aerator berfungsi untuk meniup udara dan melakukan pengadukan. Apabila menggunakan aerator, maka lumpur-lumpur halus yang terbawa dari clarifier akan ikut tercampur dengan air. Blower hanya untuk meniupkan udara sehingga dalam bak aerasi A ini akan tetap terjadi pengendapan lanjutan. Semua padatan (*solid*) yang terkandung dalam lindi dipertahankan dalam bentuk suspensi, kemudian padatan tersuspensi (SS) tersebut dan juga oksigen terlarut (DO) dipertahankan keseragamannya pada bak aerasi. Kapasitas total bak aerasi A sebesar 1000 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal selama 3,3 hari. Tingkat efisiensi sebesar 70%. Kondisi aktual menunjukkan bahwa efisiensi penurunan beberapa parameter (yaitu : COD, BOD, ammonia, nitrit, nitrat, dan SS) oleh bak aerasi jauh lebih kecil daripada efisiensi penurunan yang terdapat pada kriteria desain rencana. Jadi, sudah terdapat penurunan kadar beberapa parameter tetapi tidak optimal.

7. Bak aerasi B

Dari bak aerasi A, lindi dialirkan ke bak aerasi B. Bak aerasi B berfungsi sebagai bak aerasi dan mempunyai 1 buah aerator. Lumpur dari aerasi A diusahakan tidak ikut mengalir ke bak aerasi B. Dalam bak aerasi B pH air dinaikkan lagi dengan cara menambahkan udara. Kapasitas total 562,5 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal selama 6 jam. Tingkat efisiensi 35%.

8. Bak Sedimentasi I (Bak Fakultatif)

Selanjutnya lindi dialirkan ke bak sedimentasi untuk menyempurnakan proses pengendapan. Bak sedimentasi I disebut juga bak fakultatif karena dikondisikan agar bakteri anaerob dapat hidup dalam bak ini. Bak fakultatif selain berfungsi sebagai pengendapan juga sebagai tempat pembiakan bakteri anaerob. Pada bagian bawah bak dalam kondisi anaerob sedangkan bagian atas bak dalam kondisi aerob. Kapasitas total 1000 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal 12 jam. Tingkat efisiensi penyisihan 10%.

9. Polishing Pond

Polishing pond berfungsi untuk pengendapan dan untuk menetralkan pH air. Pada polishing pond terdapat sekat batu kali yang berfungsi untuk filtrasi/penyaringan. Kapasitas total 1080 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal 12 jam. Tingkat efisiensi 10%.

#### 10. RBD

RBD adalah reaktor yang digunakan untuk melakukan proses denitrifikasi. Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat menjadi gas Nitrogen secara biologis pada kondisi tanpa oksigen (Marsono, 2002). Waktu tinggal selama 3 jam. Tingkat efisiensi sebesar 30%.

#### 11. Bak Sedimentasi II

Bak sedimentasi II digunakan untuk pengendapan, namun sekarang digunakan sebagai bak penampung air hasil olahan (clean water). Kapasitas total 562,5 m<sup>3</sup>. Waktu tinggal selama 6 jam.

#### 12. Bak Pengatur Outlet

Bak pengatur outlet awalnya digunakan untuk mengatur keluaran air olahan ke saluran penerima, namun sekarang sudah tidak digunakan lagi.

Untuk melaksanakan kegiatan evaluasi yaitu penilaian terhadap kinerja instalasi pengolahan lindi TPST Bantargebang eksisting menggunakan suatu tolak ukur, maka terlebih dahulu perlu dilakukan analisis terhadap data yang terkumpul. Analisis kinerja IPAS IV eksisting ini ditinjau dari aspek operasional, pemantauan, dan pemeliharaan.

Pada saat penelitian dilakukan, sistem pengoperasian IPAS IV dilakukan hanya pada jam kerja (07.00 WIB-17.00 WIB), setelah jam kerja mesin dan pompa dimatikan. Selain itu, sering terjadi pemadaman listrik. Hal ini dapat menyebabkan sistem pengolahan tidak berjalan optimal karena bakteri pengurai yang hidup di dalam kolam tidak dapat bekerja tanpa adanya hembusan udara/oksigen yang berasal dari aerator atau blower. Sistem pengoperasian yang tidak optimal ini diperparah dengan terjadinya penumpukan padatan hasil dari proses pengolahan yang terdapat di dasar bak (karena tidak dilakukan pengurasan secara berkala) sehingga terjadi pendangkalan dan kedalaman bak menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan volume bak pengolahan mengalami penurunan, akibatnya waktu tinggal yang tersedia menjadi cukup singkat.

Permasalahan yang teridentifikasi pada saat survey lapangan (pengamatan terhadap kondisi fisik effluen) berkaitan dengan kualitas lindi setelah pengolahan

(efluen), adalah efluen yang dibuang ke Kali Ciketing-Sumur Batu belum memenuhi standar mutu yang berlaku. Pemeriksaan laboratorium terhadap kualitas lindi yang telah diolah di IPAS IV TPST Bantargebang (efluen) menunjukkan hasil yang sama dengan survey lapangan.

Pada saat penelitian dilakukan, tidak ada data pemantauan tentang debit harian, kualitas air olahan pada masing-masing unit pengolahan dan kualitas lindi inlet dan outlet secara lengkap. Pemantauan biasanya dilakukan oleh Dinas Kebersihan DKI Jakarta yang dilakukan setiap tahun dan tim independen, itupun hanya pemantauan yang dilakukan secara umum. Data-data pemantauan sangat dibutuhkan untuk mengetahui kinerja dari IPAS IV sehingga apabila air hasil olahan IPAS IV masih belum memenuhi baku mutu, dapat ditelusuri unit pengolahan mana yang bekerja tidak optimal sehingga dapat diperbaiki secepat mungkin.

Berdasarkan pemantauan yang dilakukan PPSML-UI (2004), parameter pencemar masih banyak yang melebihi baku mutu, misalnya ammonia, nitrat, COD, BOD, dan pH. Pada tahun 2006, nilai konsentrasi TSS pada outlet IPAS IV lebih tinggi dibandingkan nilai pada inlet. Hal ini berarti bahwa proses yang terjadi pada IPAS IV tidak berjalan dengan baik. Parameter COD dan BOD menunjukkan nilai di atas baku mutu baik inlet maupun outlet, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi bahan organik di air lindi cukup tinggi dan kinerja IPAS yang juga masih belum optimal karena belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Sebab itu, pengelolaan lindi yang tepat diperlukan untuk meminimasi dan mencegah pencemaran air permukaan dan air tanah di sekitar lokasi TPST.

#### **4.3.2. Debit**

IPAS IV menggunakan proses pengolahan biologis dimana dalam proses penguraiannya mengandalkan mikroorganisme. IPAS IV didesain untuk mengolah lindi dengan kapasitas 300 m<sup>3</sup>/hari. Hasil pengukuran di lapangan ternyata produksi lindi 388 m<sup>3</sup>/hari sehingga daya tampung kolam tidak mencukupi dan proses pengolahan tidak berlangsung sempurna.

### 4.3.3. Waktu Tinggal

Waktu tinggal adalah waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat dicapai secara optimal. Waktu tinggal limbah dalam proses pengolahan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada limbah untuk menguraikan zat-zat pencemar dengan atau tanpa perlakuan. Waktu tinggal dalam kolam aerasi A ditentukan selama 3,3 hari untuk menerima lindi dengan debit 300 m<sup>3</sup>/hari dengan volume total 1000 m<sup>3</sup>. Dengan debit sebesar 388 m<sup>3</sup>/hari dan masuk pada kolam dengan volume 1000 m<sup>3</sup> maka waktu tinggal hanya 2,6 hari. Besar waktu tinggal yang tidak sesuai ini menyebabkan proses penurunan zat pencemar menjadi tidak sempurna.

### 4.3.4. *Organic Loading* (Beban Pencemar)

Beban pencemar digunakan untuk mengetahui jumlah unsur pencemar yang terkandung dalam aliran limbah cair.

#### Cek Beban Pencemar

Beban pencemar BOD yang masuk dengan  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{hari}$  adalah sebesar:

$$= 70 \text{ mg/l} \times 300 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 21 \text{ kg BOD/hari}$$

Beban pencemar BOD yang masuk bila  $Q = 388 \text{ m}^3/\text{hari}$  adalah sebesar:

$$= 206 \text{ mg/l} \times 388 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 79,93 \text{ kg BOD/hari}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai beban pencemar yang harus diolah di dalam bak aerasi terlalu besar sehingga proses pengolahan akan berjalan tidak sempurna.

### 4.3.5. Kualitas Lindi IPAS IV TPST Bantargebang

Lindi merupakan salah satu bahan pencemar yang memiliki potensi besar untuk mencemari lingkungan. Untuk mengatasi pencemaran akibat lindi, maka perlu dilakukan pengolahan terhadap lindi. Instalasi atau kolam pengolahan lindi berfungsi untuk menurunkan kadar pencemar lindi sampai sesuai dengan ketentuan standar efluen yang berlaku. Lindi disetarakan dengan limbah cair

yang baku mutunya diatur oleh SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.

Hasil penelitian kualitas lindi yang masuk (inlet) dan yang keluar (outlet) pada IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Tabel 17.

**Tabel 17.** Kualitas Lindi Inlet dan Outlet IPAS IV TPST Bantargebang

No	Parameter	Satuan	INLET	OUTLET	Baku Mutu*)	Keterangan
<b>Fisika</b>						
1.	Suhu	°C	29	30	38	Sesuai
2.	SS	mg/l	233,0	131,0	200	Sesuai
<b>Kimia</b>						
1.	pH		8,6	7,4	6,0-9,0	Sesuai
2.	Nitrit	mg/l	8,49		1,0	Tidak Sesuai
3.	Nitrat	mg/l	15,50		20,0	Tidak sesuai
4.	Ammonia	mg/l	92,6		1,0	Tidak sesuai
5.	Besi	mg/l	4,80		5,0	Tidak sesuai
6.	COD	mg/l	2860,0		100,0	Tidak sesuai
7.	BOD <sub>5</sub>	mg/l	924,0		50,0	Tidak sesuai

Keterangan:

\*)Baku Mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.

Dari Tabel 17, secara umum dapat dilihat bahwa parameter SS, nitrit, ammonia, COD, dan BOD yang terkandung dalam lindi inlet sudah melampaui baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan lindi. Setelah dilakukan pengolahan, pada outlet dihasilkan lindi yang kandungan bahan pencemarnya juga masih belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Hanya parameter suhu, SS, dan pH yang sudah memenuhi baku mutu.

#### **a. Suhu**

Pengukuran suhu langsung dilakukan oleh peneliti di lapangan dengan menggunakan thermometer air raksa. Hasil pengukuran memperlihatkan suhu pada inlet 29°C dan pada outlet 30°C, nilai ini masih belum melampaui baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 38°C.

#### **b. Suspended Solid (Padatan Tersuspensi)**

Hasil analisis padatan tersuspensi pada lindi yang diambil di inlet adalah sebesar 233 mg/l dan setelah dilakukan pengolahan menjadi 131 mg/l. Padatan tersuspensi yang terkandung dalam lindi inlet sudah melampaui baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999, yaitu 200 mg/l. Setelah pengolahan, kadar padatan tersuspensi pada outlet sudah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Efisiensi penyisihan padatan tersuspensi pada IPAS IV adalah sebesar 43,78%.

Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Padatan tersuspensi yang tinggi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis sehingga proses pengolahan menjadi tidak optimal.

#### **c. pH**

Hasil analisis keasaman (pH) lindi pada inlet yaitu sebesar 8,6 sedangkan pH outlet sebesar 7,4. Baku mutu limbah cair berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 6,0-9,0 dengan demikian nilai pH lindi masih dalam batas toleransi.

Hasil analisis yang dilakukan Haslinda (1998), air tanah di sekitar TPST dengan jenis tanah latosol merah menunjukkan nilai keasaman yang tinggi (pH rendah); yaitu berkisar antara pH 4,5-5,5. Bersama air hujan, air tanah ini masuk ke lahan

urug saniter dan menghasilkan lindi. Setelah terbentuk lindi ternyata pH lindi lebih besar daripada pH air tanah yaitu 7. Keadaan ini diduga dipengaruhi oleh adanya unsur-unsur logam alkali tanah yang mengikat ion hydrogen dan melepaskan ion hidroksida (OH). Semakin banyak ion hidroksida yang dilepas, maka pH larutan semakin tinggi.

#### **d. Ammonia**

Hasil pengukuran kandungan ammonia dalam lindi inlet adalah 92,6 mg/l dan pada outlet adalah 3,65 mg/l. Kandungan ammonia dalam baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 1,0 mg/l. Hal ini berarti kandungan ammonia pada outlet masih melampaui baku mutu walaupun efisiensi IPAS IV dalam menyisihkan ammonia sudah tinggi (sebesar 96%).

Kandungan ammonia dalam lindi menurut Sawyer dan Carty (1978) dalam Haslinda (1998) dihasilkan dari proses dekomposisi protein atau organik dalam timbunan sampah. Meningkatnya kandungan organik dalam sampah serta aktivitas penguraian bahan organik oleh curah hujan mengakibatkan kandungan ammonia tersebut perlu mendapat perhatian, mengingat ammonia merupakan racun dengan bau yang sangat menyengat dan dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan.

#### **e. Nitrat (NO<sub>3</sub>)**

Hasil pengukuran nitrat pada lindi inlet adalah 15,5 mg/l dan nitrat pada outlet adalah 76 mg/l. Kadar nitrat yang diperbolehkan dalam air limbah berdasarkan baku mutu SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 20 mg/l. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa kadar nitrat masih melampaui baku mutu yang disyaratkan pada outlet hasil olahan dan bahkan mengalami peningkatan. Meningkatnya nilai nitrat bersumber dari hasil penguraian bahan organik yang berasal dari ammonium oleh bakteri *nitrosomonas* dan bakteri *nitrobacter* menjadi nitrit dan nitrat pada kondisi aerobik.

#### **f. Nitrit (NO<sub>2</sub>)**

Hasil pengukuran nitrit pada lindi inlet adalah 8,49 mg/l dan pada outlet adalah 24,22 mg/l, kadar nitrit yang diperbolehkan pada baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 1,0 mg/l. Dengan demikian, setelah dilakukan pengolahan kandungan nitrit menjadi lebih tinggi.

Meningkatnya konsentrasi nitrit bersumber dari proses reduksi nitrat dari bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Proses denitrifikasi nitrat oleh mikroba pada kondisi anaerob akan menghasilkan nitrit. Berdasarkan pengukuran lindi sampah TPST Bantargebang, menunjukkan konsentrasi nitrit lebih kecil daripada konsentrasi ammonia dan nitrat disebabkan karena nitrit bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen.

#### **g. Besi (Fe)**

Hasil pengukuran kadar besi pada inlet adalah 4,80 mg/l dan pada outlet adalah 7,71 mg/l. Nilai baku mutu untuk besi berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 5 mg/l. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa kadar besi masih melampaui baku mutu yang disyaratkan pada outlet hasil olahan dan bahkan mengalami peningkatan. Kandungan besi meningkat disebabkan karena IPAS IV menggunakan proses pengolahan anaerob. Besi hanya ditemukan pada perairan yang bersifat anaerob akibat proses dekomposisi bahan organik yang berlebihan.

#### **h. COD**

Kadar COD hasil pengukuran pada inlet IPAS IV adalah 2860 mg/l dan kadar COD pada outlet adalah 632 mg/l. Baku mutu COD berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 100 mg/l. Apabila dibandingkan dengan baku mutu, kadar COD outlet masih melebihi batas yang telah ditetapkan. Walaupun COD outlet masih melampaui baku mutu, namun efisiensi penyisihan COD pada IPAS IV sudah mencapai 78%. Hal ini menggambarkan bahwa jumlah bahan organik yang terkandung dalam lindi tinggi sehingga membutuhkan oksigen yang banyak untuk melakukan proses dekomposisi secara kimiawi.

#### **i. BOD**

Hasil pengukuran BOD lindi inlet adalah 924 mg/l dan BOD lindi outlet adalah 220 mg/l. Kadar BOD menurut baku mutu berdasarkan SK Gubernur Provinsi Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 yaitu 50 mg/l. Apabila dibandingkan dengan baku mutu, kadar BOD outlet masih melebihi batas yang telah ditetapkan. Walaupun BOD outlet masih melampaui baku mutu, namun efisiensi penyisihan BOD pada IPAS IV mencapai 76%. Hal ini berarti sistem pengolahan lindi yang ada di IPAS IV TPST Bantargebang belum optimum dalam melakukan penyisihan BOD. Dalam suatu sistem pengolahan lindi, nilai BOD dipengaruhi oleh keberadaan mikroba, jenis dan kandungan bahan organik, serta jumlah oksigen yang ada dalam bak pengolahan.

Berdasarkan uraian diatas, sebagian besar zat pencemar utama (ammonia, nitrit, nitrat, besi, COD, dan BOD) masih melampaui baku mutu yang disyaratkan untuk dibuang ke badan air penerima. Hal ini membuktikan bahwa sistem pengolahan lindi di IPAS IV TPST Bantargebang belum optimal dalam menyisihkan pencemar lindi.

#### **4.3.6. Evaluasi terhadap Efisiensi Penurunan Zat Pencemar**

Evaluasi terhadap penurunan zat pencemar hanya dilakukan pada zat pencemar utama (SS, COD, BOD, ammonia, nitrit, dan nitrat) pada setiap unit pengolahan yang ada. Konsentrasi lindi pada setiap unit pengolahan tidak menunjukkan penurunan yang signifikan. Penurunan konsentrasi dari tujuh parameter yang melebihi baku mutu sangat kecil. Adanya fakta tersebut menunjukkan bahwa kinerja IPAS IV TPST Bantargebang sudah tidak optimal.

Untuk mengetahui tingkat efisiensi kerja IPAS IV, dilakukan pengukuran terhadap kualitas lindi yang diolah di IPAS IV. Hasil pengukuran polutan lindi pada masing-masing unit pengolahan di IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Tabel 18.

**Tabel 18.** Hasil Pengukuran Kualitas Lindi pada Masing-masing Unit Pengolahan  
IPAS IV TPST Bantargebang

No	Parameter	Lokasi										
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
	<u>Fisik</u>											
1.	Suhu (°C)	31	32	30,5	30	30	30	31	30,5	31	30	30,5
2.	SS (mg/l)	298	342	330	544	328	238	192	126	134	126	88
	<u>Kimia</u>											
3.	pH	9	8,5	7	4	5,5	6	5	8	8	7	5
4.	BOD (mg/l)	863	776	693	540	528	317	293	251	211	196	176
5.	COD (mg/l)	2758	2456	2234	1856	1520	1067	857	667	631	583	515
6.	Ammonia (mg/l)	88,9	83,72	75,9	68,75	52,6	20,2	14,25	10,4	7,25	4,02	2,75
7.	Nitrit (mg/l)	28,35	47,74	46,97	32,34	32,1	32,49	32,83	32,83	31,7	21,4	22,2
8.	Nitrat (mg/l)	54	69,6	72	80	76	70,7	65,1	69,1	67,9	65,4	63,7
9.	Besi (mg/l)	3,7	5	8,1	9,2	8,3	5,5	10,1	9,2	9,9	8,4	7,2

Sumber: Hasil Pengukuran, 2009

Keterangan:

- K1 : Ekualisasi 1
- K2 : Ekualisasi 2
- K3 : Ekualisasi 3
- K4 : Bak koagulasi-flokulasi
- K5 : Clarifier
- K6 : Aerasi A
- K7 : Aerasi B
- K8 : Kolam fakultatif
- K9 : Polishing Pond
- K10 : RBD
- K11 : Clean Water

a. Suspended Solid

Tingkat penyisihan SS pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 19.

**Tabel 19.** Tingkat Penyisihan SS

Unit Pengolahan	Nilai (mg/l)	Penyisihan SS (%)
Bak Ekualisasi I	298	-
Bak Ekualisasi II	342	-
Bak Ekualisasi III	330	3,5
Bak Koagulasi-flokulasi	544	-
Clarifier	328	39,7
Bak Aerasi A	238	27,0
Bak Aerasi B	192	19,3
Kolam Fakultatif	126	34,4
Polishing Pond	134	-
RBD	126	6
Clean Water	88	30,2

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2009*

Dari Tabel 19, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan SS pada masing-masing unit pengolahan masih kecil, bahkan ada unit pengolahan yang tidak menyisihkan SS sama sekali, misalnya bak ekualisasi I, bak ekualisasi II, dan polishing pond. Tingkat penyisihan SS yang paling besar terjadi pada clarifier kemudian disusul oleh kolam fakultatif. Hal ini disebabkan clarifier dan kolam fakultatif berfungsi sebagai bak pengendapan.

**b. BOD**

Tingkat penyisihan BOD pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 20. Berdasarkan Tabel 20, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan BOD pada masing-masing unit pengolahan berkisar antara 2,2-39,96%. Penyisihan BOD tertinggi terjadi pada bak aerasi A, namun tingkat efisiensi pada bak aerasi A belum sesuai dengan perencanaannya, yaitu 70%. Hal ini disebabkan karena blower yang bertugas meniupkan udara ke dalam bak aerasi hanya bekerja pada siang hari padahal udara harus disuplai selama 24 jam, hal ini menyebabkan penguraian bahan pencemar menjadi tidak optimal.

**Tabel 20.** Tingkat Penyisihan BOD

Unit Pengolahan	Nilai (mg/l)	Penyisihan BOD (%)
Bak Ekualisasi I	863	6,6
Bak Ekualisasi II	776	10,1
Bak Ekualisasi III	693	10,7
Bak Koagulasi-flokulasi	540	22,1
Clarifier	528	2,2
Bak Aerasi A	317	39,96
Bak Aerasi B	293	7,6
Kolam Fakultatif	251	14,3
Polishing Pond	211	15,94
RBD	196	7,1
Clean Water	176	10,2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

c. COD

Tingkat penyisihan COD pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 21.

**Tabel 21.** Tingkat Penyisihan COD

Unit Pengolahan	Nilai (mg/l)	Penyisihan COD (%)
Bak Ekualisasi I	2758	3,6
Bak Ekualisasi II	2456	10,95
Bak Ekualisasi III	2234	9,04
Bak Koagulasi-flokulasi	1856	16,9
Clarifier	1520	18,1
Bak Aerasi A	1067	29,8
Bak Aerasi B	857	19,68
Kolam Fakultatif	667	22,2
Polishing Pond	631	5,4
RBD	583	7,6
Clean Water	515	11,7

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Dari Tabel 21, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan COD pada masing-masing unit pengolahan berkisar antara 3,6-29,8%. Penyisihan COD tertinggi terjadi pada bak aerasi A. Hal ini disebabkan karena blower yang bertugas meniupkan udara ke dalam bak aerasi hanya bekerja pada siang hari padahal udara harus disuplai selama 24 jam, hal ini menyebabkan penguraian bahan pencemar menjadi tidak optimal.

#### d. Ammonia

Tingkat penyisihan ammonia pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 22.

**Tabel 22. Tingkat Penyisihan Ammonia**

Unit Pengolahan	Nilai (mg/l)	Penyisihan Ammonia
Bak Ekualisasi I	88,9	4
Bak Ekualisasi II	83,72	5,8
Bak Ekualisasi III	75,9	9,3
Bak Koagulasi-flokulasi	68,75	9,4
Clarifier	52,6	23,5
Bak Aerasi A	20,2	61,6
Bak Aerasi B	14,25	29,46
Kolam Fakultatif	10,4	27
Polishing Pond	7,25	30,3
RBD	4,02	1,38
Clean Water	2,75	-

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2009*

Dari Tabel 22, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan ammonia pada masing-masing unit pengolahan berkisar antara 4-61,6% kecuali pada bak penampung clean water. Pada bak penampung clean water, kandungan ammonia meningkat karena kondisi bak ini cenderung anaerob/kandungan oksigen terlarutnya rendah sehingga ammonia dapat terbentuk kembali. Penyisihan ammonia tertinggi terjadi pada bak aerasi A karena ammonia terurai dengan adanya oksigen menjadi nitrit dan nitrat.

e. Nitrat

Tingkat penyisihan nitrat pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 23.

**Tabel 23.** Tingkat Penyisihan Nitrat

Unit Pengolahan	Nilai	Penyisihan Nitrat
Bak Ekualisasi I	54	-
Bak Ekualisasi II	69,6	-
Bak Ekualisasi III	72	-
Bak Koagulasi-flokulasi	80	-
Clarifier	76	5
Bak Aerasi A	70,7	7
Bak Aerasi B	65,1	7,9
Kolam Fakultatif	69,1	-
Polishing Pond	67,9	1,7
RBD	65,4	3,68
Clean Water	63,7	2,6

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Dari Tabel 23, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan nitrat pada masing-masing unit pengolahan sangat kecil, bahkan banyak unit pengolahan yang tidak menyisihkan nitrat sama sekali, yaitu bak ekualisasi I, II, III, bak koagulasi-flokulasi, dan bak fakultatif. Penyisihan nitrat tertinggi terjadi pada bak aerasi B. Kecilnya efisiensi penyisihan nitrat pada IPAS IV disebabkan karena reduksi nitrat (proses denitrifikasi) tidak berlangsung sempurna karena organik karbon dalam air rendah.

f. Nitrit

Tingkat penyisihan nitrit pada masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 24.

**Tabel 24.** Tingkat Penyisihan Nitrit

Unit Pengolahan	Nilai	Penyisihan Nitrit (%)
Bak Ekualisasi I	28,35	-
Bak Ekualisasi II	47,74	-
Bak Ekualisasi III	46,97	1,6
Bak Koagulasi-flokulasi	32,34	31
Clarifier	32,1	0,7
Bak Aerasi A	32,49	-
Bak Aerasi B	32,83	-
Kolam Fakultatif	32,83	-
Polishing Pond	31,7	3,44
RBD	21,4	32,5
Clean Water	22,2	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Dari Tabel 24, terlihat bahwa tingkat efisiensi penyisihan nitrit pada masing-masing unit pengolahan paling tinggi terjadi RBD, yaitu 32,5%. Pada RBD ini terjadi proses denitrifikasi. Dalam proses denitrifikasi terjadi dua tahap, tahap pertama adalah tahap perubahan nitrit menjadi nitrat selanjutnya tahap kedua adalah perubahan tahap nitrat menjadi gas nitrogen sehingga tingkat penyisihan nitrit pada RBD juga tinggi.

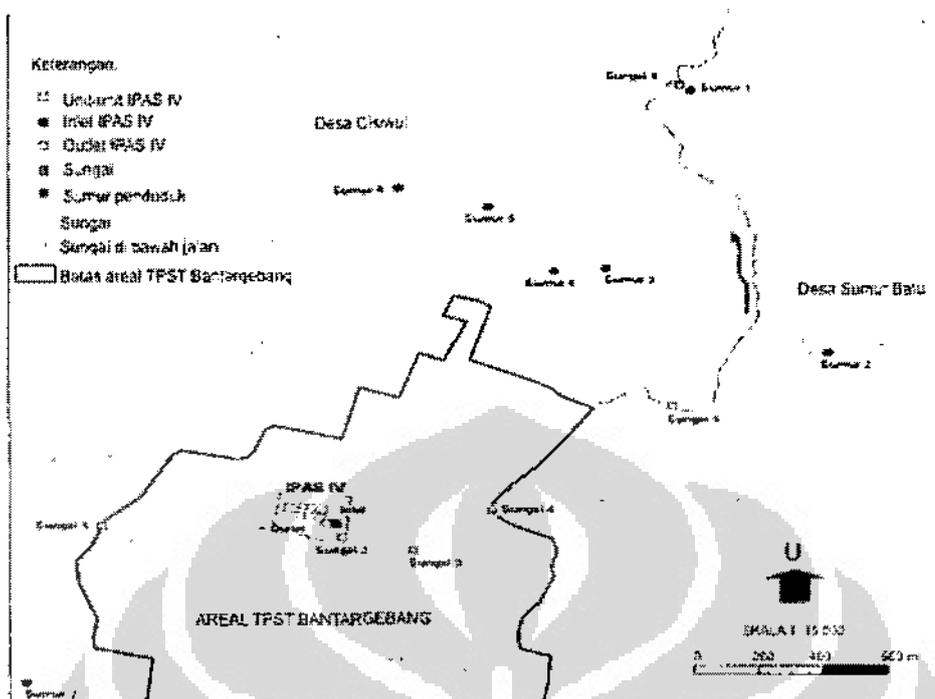
Secara umum terlihat bahwa persentase penyisihan yang dicapai oleh IPAS IV untuk beberapa parameter kunci masih rendah. Efluen lindi yang tidak memenuhi baku mutu apabila dibuang ke badan air penerima (sungai), akan menyebabkan penurunan kualitas air sungai sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya. Air yang sudah tercemar akan menyebabkan gangguan kesehatan bagi masyarakat yang menggunakan air tersebut. Apabila air sungai tersebut digunakan untuk pertanian, maka zat-zat pencemar yang terkandung dalam air tersebut akan terakumulasi dalam hasil pertaniannya dan akan berdampak buruk pada manusia yang mengkonsumsi hasil tani tersebut. Selain itu, petani akan mengalami kerugian karena hasil panennya tidak layak jual. Tidak berhasilnya IPAS IV menurunkan beban pencemar seperti yang diharapkan karena kurangnya daya dukung instalasi terhadap beban lindi yang masuk.

Dari analisis yang telah dilakukan, kecilnya efisiensi penyisihan zat pencemar (TSS, ammonia, nitrat, nitrit, BOD, COD) disebabkan oleh:

1. Waktu tinggal yang sebentar menyebabkan proses biologi yang terjadi tidak sempurna. Waktu tinggal yang sebentar menyebabkan nilai laju reaksi yang cukup besar sehingga mikroorganisme yang ada di dalam bak harus bekerja extra keras untuk menguraikan zat pencemar. Hal ini menyebabkan efisiensi pengolahan menjadi berkurang.
2. Pengurasan yang tidak rutin dilaksanakan. Padatan yang terbentuk selama proses biologi berlangsung menyebabkan pendangkalan, sehingga kedalaman bak menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan volume bak aerasi mengalami penurunan, akibatnya waktu tinggal yang tersedia menjadi cukup singkat.
3. Kinerja aerator dan blower sebagai alat untuk mensuplai oksigen sudah mulai melemah. Hal ini menyebabkan transfer oksigen menjadi berkurang, sehingga proses penguraian secara biologi terhadap material organik oleh mikroorganisme persentasenya menurun.
4. Kinerja aerator dan blower tidak maksimal. Kerja aerator dan blower seharusnya selama 24 jam, namun pengoperasiannya hanya dilakukan pada saat jam kerja.

#### **4.4. Pengaruh Lindi terhadap Kualitas Air (Air Sungai dan Air Sumur)**

Sungai Ciketing-Sumur Batu mempunyai lebar berkisar antara 1,27-4,00 meter dengan kedalaman yang relatif dangkal yaitu berkisar antara 0,23-0,56 meter. Dasar perairan umumnya adalah batuan kerikil dengan sedikit pasir dan lumpur. Sungai Ciketing-Sumur Batu mempunyai kemiringan dasar yang relatif landai, yaitu berkisar antara 0,21-2,15% dan mempunyai kecepatan arus yang berkisar antara 0,08-0,33 m/dt. Kemiringan dasar, lebar sungai, dan dalamnya perairan akan berpengaruh pada kecepatan arus. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 28.



**Gambar 28.** Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air (Air Sumur dan Air Sungai)

Pada Gambar 28, dapat dilihat bahwa lokasi pengambilan sampel pertama dilakukan di Sungai Ciketing (Sungai 1), untuk mengetahui kadar bahan pencemar sebelum melewati daerah sekitar IPAS IV TPST Bantargebang. Bahan pencemar yang dianalisis adalah suhu, pH, TSS, ammonia, nitrit, nitrat, COD, BOD, dan besi. Lokasi selanjutnya adalah lokasi dimana air lindi hasil olahan akan bergabung dengan lindi yang belum terolah (sungai 2). Pengambilan sampel pada lokasi sungai 2 dilakukan untuk mengetahui kadar bahan pencemar yang terkandung dalam lindi hasil olahan apabila tercampur dengan lindi yang belum terolah.

Sungai 3 adalah air sungai sebelum bercampur dengan air hasil olahan IPAS II TPST Bantargebang dan merupakan gabungan dari sungai 1 dan sungai 2. Pengambilan sampel di lokasi sungai 3 dilakukan untuk mengetahui kadar bahan pencemar yang terkandung dalam air sungai sebelum bercampur dengan effluen IPAS II TPST Bantargebang tetapi sudah bergabung dengan sungai 1 dan sungai 2.

Sungai 4 adalah air sungai yang merupakan gabungan antara sungai 3 dan air hasil olahan IPAS II TPST Bantargebang. Pengambilan sampel di lokasi sungai 4 dilakukan untuk mengetahui kadar bahan pencemar pada air sungai setelah bercampur dengan efluen IPAS II TPST Bantargebang.

Sungai 5 adalah air sungai yang sudah melewati IPAS IV TPST Bantargebang dan diduga telah mengalami pencampuran dengan air limbah dari TPA Bekasi (TPA Sumur Batu). Pengambilan sampel air di lokasi sungai 5 dilakukan untuk mengetahui kadar bahan pencemar yang terkandung dalam air sungai setelah bercampur dengan air limbah keluaran TPA Bekasi. Sungai 6 adalah air sungai yang terdekat dengan pemukiman penduduk yang digunakan oleh penduduk untuk mengairi sawah dan sudah mengalami pengenceran.

Untuk mengetahui pengaruh lindi terhadap kualitas air sumur penduduk yang tinggal di sekitar TPST Bantargebang, maka pengambilan sampel air sumur penduduk dilakukan pada lokasi dengan jarak  $\pm 50$  m,  $\pm 100$  m,  $\pm 200$  m,  $\pm 300$  m,  $\pm 400$  m, dan  $\pm 500$  m dari Sungai Ciketing-Sumur Batu. Air sumur penduduk yang dijadikan kontrol/pembanding diambil pada jarak  $\pm 200$  m sebelah selatan TPST Bantargebang. Sumur penduduk yang diambil sampel airnya adalah sumur yang masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Data pemantauan dari sumur pantau juga dijadikan acuan untuk mengetahui apakah lindi sudah mencemari air tanah atau belum.

Berdasarkan pemantauan yang dilakukan PPSML UI (2006), pada tahun 2000 sumur pantau telah terkontaminasi oleh tinja yang ditunjukkan oleh adanya bakteri *E.Coli*. Tercemarnya sumur tersebut terutama disebabkan oleh faktor budaya masyarakat dalam menggunakan fasilitas air bersih, terutama jarak jamban dengan sumur yang terlalu berdekatan, apalagi disertai dengan drainase dan sanitasi yang buruk. Kualitas sumur pantau pada tahun 2001 telah melampaui batas maksimum yang diperbolehkan dalam PERMENKES RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, parameter yang melampaui baku mutu adalah pH, TSS, zat organik, dan mangan.

Pada saat penelitian dilakukan, sumur pantau masih berfungsi, namun air sumur pantau hanya digunakan untuk menyiram tanaman yang tumbuh di sekitar kantor IPAS IV TPST Bantargebang. Berdasarkan pemantauan, hal ini mengindikasikan bahwa air sumur pantau sudah terkontaminasi lindi. Apabila sumur pantau sudah terkontaminasi lindi, berarti dikhawatirkan air sumur penduduk juga akan terkontaminasi lindi.

#### 4.4.1. Suhu

Hasil pengukuran suhu pada air sungai dapat dilihat pada Tabel 25.

**Tabel 25.** Hasil Pengukuran Parameter Suhu pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Feika</b>									
Suhu	°C	29	29	28	28	29	30	Suhu udara ±3°C	Suhu udara ±3°C

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Dari Tabel 25, dapat diketahui bahwa suhu air sungai berkisar antara 28°C-30°C. Suhu yang relatif tinggi terlihat pada sungai 6, yaitu air sungai yang dekat dekat pemukiman penduduk yang telah mengalami pengenceran oleh air limbah penduduk. Hal ini diduga air limbah penduduk mempunyai suhu yang relatif tinggi atau akibat pengaruh cahaya matahari yang dapat menyebabkan perubahan suhu air sungai. Suhu pada setiap lokasi pengamatan masih memenuhi standar yang ditetapkan, berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Suhu sangat berpengaruh pada ekosistem perairan karena dapat mempengaruhi proses penguraian bahan-bahan organik dan mempengaruhi reaksi kimia seperti kelarutan gas-gas di perairan.

Hasil pengukuran suhu pada air sumur dapat dilihat pada Tabel 26.

**Tabel 26.** Hasil Pengukuran Parameter Suhu pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Sungai Ciketing-Sumur Batu						Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	
<b>Fisika</b>								
Suhu	°C	27	27	28	28	28	28	Suhu udara ±3°C

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Dari Tabel 26, dapat dilihat bahwa suhu air sumur berkisar antara 27°C-28°C. rentang suhu ini masih memenuhi baku mutu yang berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Suhu dengan rentang tersebut masih aman bila dikonsumsi oleh penduduk. Air sumur pembanding/kontrol yang terletak di sebelah selatan TPST Bantargebang mempunyai suhu 28°C, hal ini berarti sumur tersebut juga masih aman bila dikonsumsi oleh penduduk.

#### 4.4.2. Suspended Solid (Padatan Tersuspensi)

Hasil pengukuran kadar SS pada sampel air sungai dapat dilihat pada Tabel 27. Berdasarkan Tabel 27, dapat dilihat bahwa kadar padatan tersuspensi yang terkandung dalam air sungai berada pada rentang 331 mg/l-500 mg/l, hal ini berarti kadar SS dalam air sungai telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, yaitu 50 mg/l untuk golongan II dan 400 mg/l untuk golongan III.

Kadar SS yang paling tinggi adalah sungai 5 (air sungai yang sudah melewati IPAS IV TPST Bantargebang dan diduga telah mengalami pencampuran dengan air limbah dari TPA Bekasi), yaitu 500 mg/l. Nilai ini diduga meningkat karena dipengaruhi oleh air limbah ke luaran dari TPA Bekasi.

**Tabel 27.** Hasil Pengukuran Parameter SS pada Air Sungai

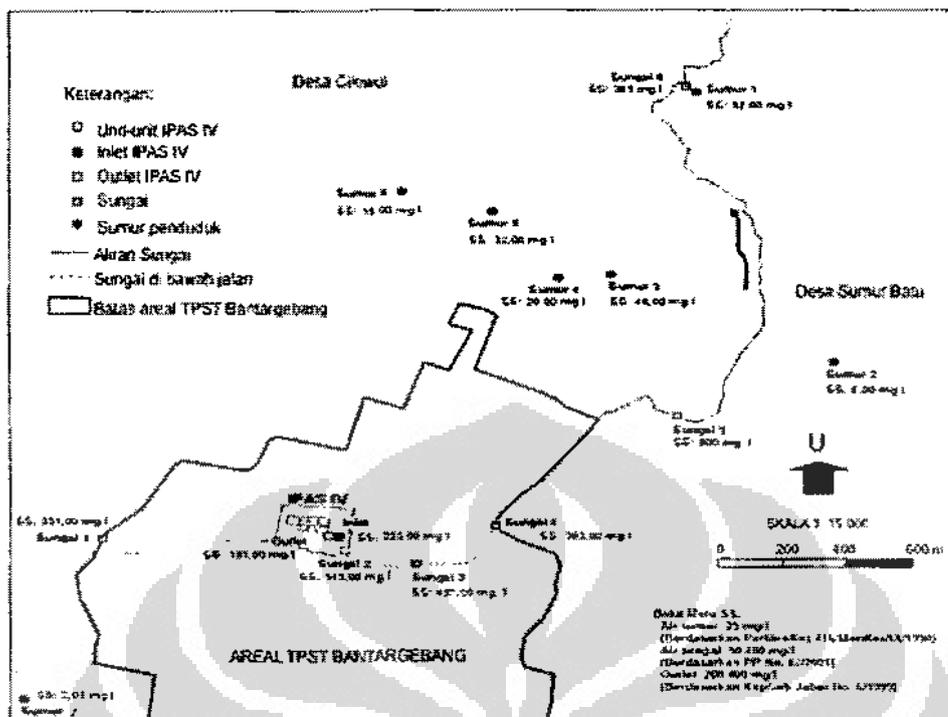
Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Fisika</b>									
SS	mg/l	331,0	143,0		393,0		385,0	50	400

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

- Golongan II, air yang peruntukannya untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- Golongan III, air yang peruntukannya untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Kadar SS yang paling rendah adalah sungai 2 (aliran drainase yang merupakan gabungan lindi yang berasal dari outlet IPAS IV TPST Bantargebang dan lindi yang tidak terolah), yaitu 143 mg/l. Kadar SS pada sungai 2 mengalami peningkatan karena sebelumnya kadar SS outlet IPAS IV adalah 131 mg/l. Peningkatan kadar SS pada sungai 2 disebabkan karena lindi yang sudah diolah bercampur dengan lindi yang belum diolah yang kemungkinan mengandung SS tinggi yang berasal dari dekomposisi sampah organik. Lindi yang belum diolah adalah lindi yang berasal dari sistem pengumpulan lindi dari zona IV dan V TPST Bantargebang yang tidak masuk ke kolam IPAS IV karena kapasitas pengolahan pada IPAS IV tidak mampu menampungnya dan akhirnya lindi yang belum diolah tersebut langsung dibuang ke badan air.



**Gambar 29. Lokasi Pengambilan Sampel Parameter SS**

Berdasarkan Gambar 29, dapat dilihat bahwa kadar SS pada sungai 1 (sebelum masuk ke lokasi IPAS IV) adalah 331 mg/l. Nilai ini telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 untuk golongan II, yaitu 50 mg/l namun masih memenuhi baku mutu golongan III, yaitu 400 mg/l. Hal ini berarti kadar SS yang terkandung dalam air sungai sebelum dipengaruhi oleh air hasil olahan IPAS IV TPST Bantargebang sudah tinggi, disebabkan karena banyaknya padatan tersuspensi yang ikut bersama aliran air sungai.

Kadar SS mengalami peningkatan pada sungai 3 yaitu 457 mg/l. Sungai 3 adalah air sungai sebelum bercampur dengan outlet IPAS II TPST Bantargebang. Kadar SS pada sungai 3 mengalami peningkatan karena diduga terjadi pencampuran antara air sungai 1 dengan air sungai 2 sehingga nilainya telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 untuk golongan II, yaitu 50 mg/l dan golongan III, yaitu 400 mg/l.

Kadar SS pada sungai 4 mengalami penurunan menjadi 393 mg/l, hal ini terjadi karena adanya arus yang cukup deras yang menggelontor bahan-bahan

tersuspensi tersebut dan tidak ada pengaruh dari efluen IPAS II. Kadar SS pada sungai 4 telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 untuk golongan II, yaitu 50 mg/l namun masih memenuhi baku mutu untuk golongan III, yaitu 400 mg/l.

Kadar SS mengalami peningkatan lagi pada sungai 5 karena diduga bercampur dengan air limbah yang berasal dari TPA Bekasi. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi dan dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

Sungai 6 merupakan sungai yang digunakan penduduk sekitar untuk mengairi sawah (tanaman padi). Kadar SS pada sungai 6 adalah 385 mg/l. Baku mutu SS berdasarkan PP No. 82/2001 untuk golongan II adalah 50 mg/l dan untuk golongan III adalah 400 mg/l, hal ini berarti kadar SS pada sungai 6 telah melebihi baku mutu untuk golongan II namun masih memenuhi baku mutu golongan III sehingga masih dapat digunakan untuk pertanian.

Nilai padatan tersuspensi yang dianjurkan untuk pertanian adalah tidak boleh melebihi 1000 mg/l. Pada nilai 1000-2000 mg/l, air mungkin akan berbahaya bagi kehidupan beberapa jenis tanaman (Wardojo, 1975 dalam Hendrawan, 1998). Hal ini berarti, air sungai Ciketing-Sumur Batu (sungai 6) masih diperbolehkan untuk keperluan pertanian.

Hasil pengukuran kadar SS pada sampel air sumur dapat dilihat pada Tabel 28.

**Tabel 28.** Hasil Pengukuran Parameter SS pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Fisika</b>									
SS	mg/l		8,0		20,0		19,0	2,07	25

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Dari Tabel 28, dapat dilihat bahwa kadar SS pada masing-masing sumur mempunyai perbedaan yang cukup besar. Kadar SS dari 6 sumur yang diambil sampel airnya, yang paling tinggi adalah pada jarak 50 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 52 mg/l dan yang terendah pada jarak 100 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 8 mg/l. Kadar SS yang melebihi baku mutu adalah sumur 1 (50 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 52 mg/l, sumur 3 (200 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 46 mg/l, dan sumur 5 (400 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 32 mg/l. Baku mutu SS yang disyaratkan berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 adalah 25 mg/l.

Nilai kekeruhan yang tinggi disebabkan karena penduduk menyimpan atau menumpuk barang hasil kegiatan pemulungan di sekitar rumah mereka yang berdekatan dengan sumur ditambah lagi kondisi sumur yang terbuka dan tidak mempunyai bibir sumur. Tumpukan sampah apabila dibiarkan begitu saja dapat menyebabkan air hujan masuk ke dalam timbunan sampah dan menghanyutkan komponen-komponen sampah yang telah mengalami proses dekomposisi menghasilkan lindi dan merembes ke dalam tanah dan menyebabkan pencemaran pada sumur penduduk.

Pada sumur 2, sumur 4, dan sumur 6 nilai kekeruhannya belum melampaui baku mutu yang disyaratkan, yaitu 8 mg/l untuk sumur 2, 20 mg/l untuk sumur 4, dan 19 mg/l untuk sumur 6. Sumur 2, Sumur 4, dan Sumur 6 mempunyai kekeruhan kecil karena sumur tersebut lebih dalam dibandingkan sumur lain dan mempunyai bibir sumur. Sumur kontrol mempunyai nilai SS sebesar 2,07 mg/l, berarti sumur ini belum melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Sumur kontrol mempunyai nilai kekeruhan kecil karena kondisi sumur mempunyai bibir sumur dan secara hidrogeologi lokasi sumur kontrol berada di hulu TPST Bantargebang.

Berdasarkan analisis regresi, terlihat bahwa nilai konstanta adalah sebesar 37,696, nilai koefisien b sebesar -0,0317, sedangkan koefisien determinasi adalah sebesar 0,1057. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa 10,57% variasi atau perubahan dalam variabel nilai SS bisa dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan sebesar 89,43% oleh variabel yang lain. Hal ini berarti pencemaran sumur karena SS dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya karena adanya tumpukan sampah di sekitar sumur tersebut. Dengan melihat hasil analisis regresi dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 37,696 - 0,0317X$$

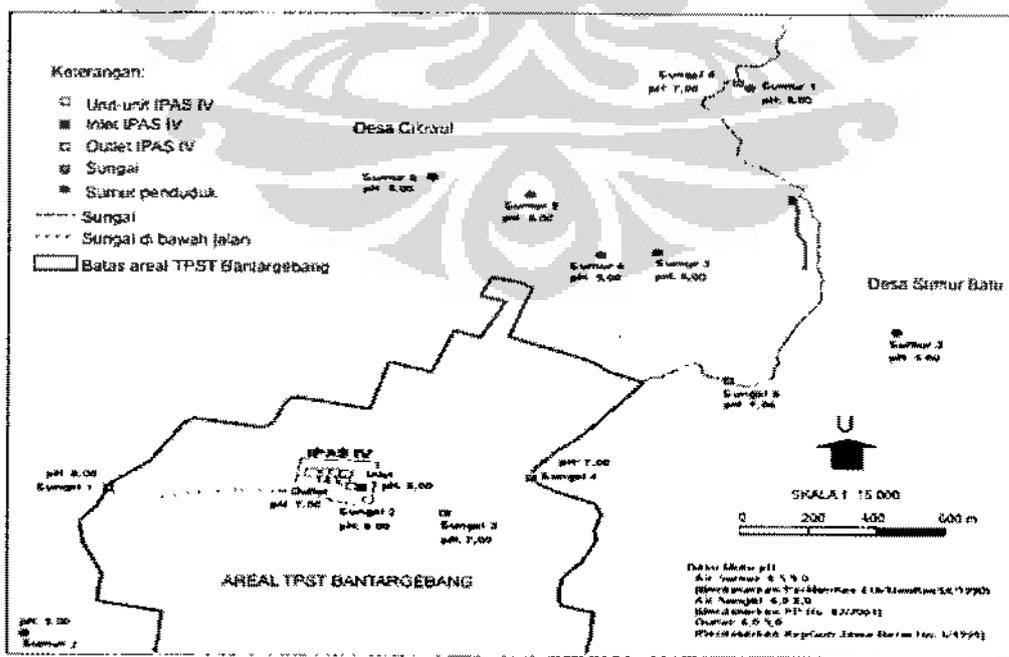
Dimana: X = jarak sumur dari Sungai Ciketing-Sumur Batu

Y = nilai SS

Nilai konstanta sebesar 37,696 berarti bahwa jika jarak sumur sebesar nol, maka nilai SS sebesar 37,696 mg/l. Nilai koefisien b sebesar -0,0317 berarti bahwa perubahan dalam jarak sumur sebesar satu meter akan mengubah nilai SS sebesar -0,0317. Hal ini berarti semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai SS akan semakin kecil.

#### 4.4.3. pH

Fluktuasi nilai pH pada masing-masing sampel air (air sungai dan air sumur) dapat dilihat pada Gambar 30.



**Gambar 30. Lokasi Pengambilan Sampel Parameter pH**

Berdasarkan Gambar 30, pH air sungai berkisar antara 6,0-8,0 sedangkan pH air sumur adalah 5,0. pH air sungai masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 yaitu 6,0-9,0 sedangkan pH air sumur tidak memenuhi baku mutu yang berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/DX/1990 yaitu 6,0-9,0. Hasil pengukuran dari masing-masing sampel air sungai dapat dilihat pada Tabel 29.

**Tabel 29.** Hasil Pengukuran Parameter pH pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
pH	mg/l	6,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0-9,0	6,0-9,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Dari Tabel 29, dapat dilihat bahwa pH terendah terjadi pada sungai 1 (air sungai sebelum memasuki kawasan IPAS IV TPST Bantargebang). Sebelum memasuki lokasi IPAS IV, air sungai mempunyai pH 6,0. Hal ini terjadi karena adanya penguraian bahan-bahan organik yang akan menyebabkan meningkatnya kandungan ion-ion hydrogen dan perairan cenderung asam. Pada sungai 2, pH mengalami peningkatan menjadi 8,0. Hal ini diduga karena terjadi pencampuran antara lindi yang sudah diolah dan lindi yang tidak diolah karena pH lindi cenderung bersifat tidak asam. Nilai pH pada sungai 3, sungai 4, sungai 5, dan sungai 6 adalah 7,0. pH air sungai cenderung netral karena pengaruh arus air sungai yang deras yang mencuci bahan-bahan organik sehingga tidak sempat terurai.

Keasaman perairan umumnya bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain suhu, oksigen terlarut, dan adanya berbagai anion dan kation. pH berperan penting dalam penentuan nilai guna suatu perairan. Sifat-sifat air yang asam terutama akibat dari hidrolisis garam dari basa kuat dan asam lemah atau basa lemah dan asam kuat. Gas-gas terlarut seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan NH<sub>3</sub> juga berpengaruh.

**Tabel 30.** Hasil Pengukuran Parameter pH pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Kimia</b>									
pH									6,0-9,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Pada Tabel 30, terlihat bahwa semua air sumur mempunyai pH 5,0 (bersifat asam). Hal ini berarti tidak memenuhi standar baku mutu pH berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 yaitu 6,0-9,0.

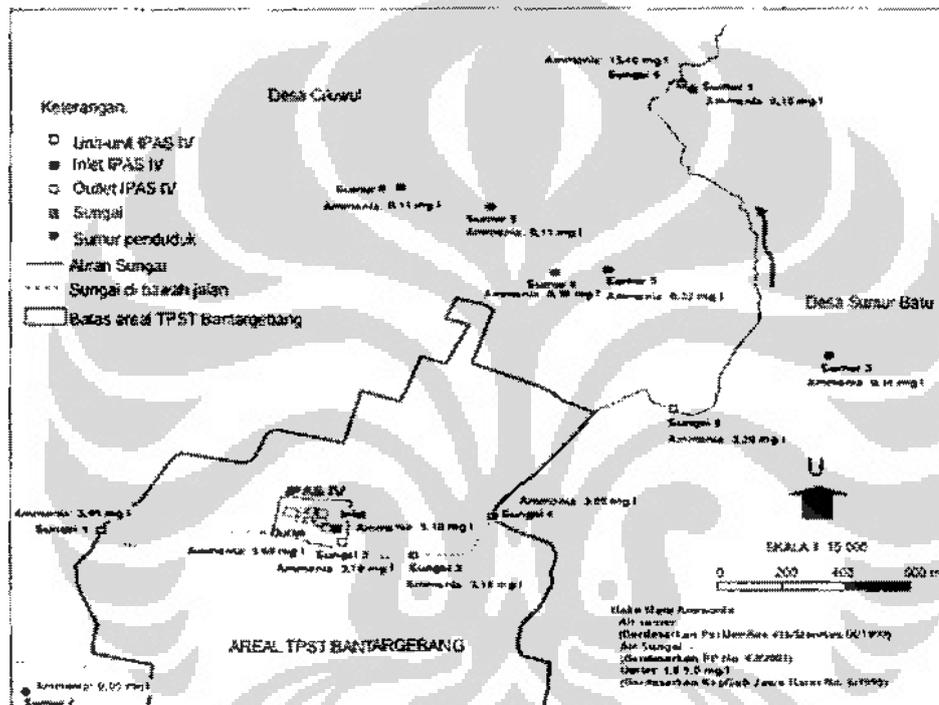
Berdasarkan hasil analisis air tanah yang dilakukan Haslinda (1998), tanah di sekitar TPST mempunyai jenis tanah latosol merah yang menunjukkan nilai keasaman yang tinggi (pH rendah); yaitu berkisar antara pH 4,5-5,5. Bersama air hujan, air tanah ini kemudian masuk ke landfill dan menghasilkan lindi. Setelah terbentuk lindi, ternyata pH lindi lebih besar daripada pH air tanah yaitu 7,0. Keadaan ini diduga disebabkan adanya unsur-unsur logam alkali dalam sampah maupun alkali tanah yang mengikat ion hydrogen dan melepaskan ion hidroksida (OH). Ion hidroksida (OH) adalah indikator tingkat kebasahan (pH tinggi). Semakin banyak ion hidroksida yang dilepas maka pH larutan semakin tinggi.

Adanya komponen besi sulfur ( $FeS_2$ ) dalam jumlah yang tinggi di dalam air juga dapat meningkatkan keasamannya karena  $FeS_2$  dengan udara dan air akan membentuk  $H_2SO_4$  dan besi (Fe) yang larut. Perubahan keasaman pada air limbah akan mengganggu kehidupan ikan dan hewan air. Air yang mempunyai pH rendah bersifat sangat korosif terhadap baja dan sering menyebabkan perkaratan pada pipa-pipa besi.

Derajat keasaman (pH) yang lebih kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 8,5 menurut Sardji (1994) dalam Haslinda (1998) dapat menyebabkan terbentuknya senyawa kimia yang memungkinkan menjadi bersifat toksik dan mengganggu kesehatan.

#### 4.4.4. Ammonia

Fluktuasi kandungan ammonia dalam sampel air (air sungai dan air sumur) yang diambil di sekitar IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Ammonia

Berdasarkan Gambar 31, dapat dilihat bahwa kadar ammonia air sungai berkisar antara 2,20-13,40 mg/l, sedangkan kadar ammonia pada air sumur berkisar antara 0,10-0,22 mg/l. PP No. 82 Tahun 2001 dan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tidak mengatur baku mutu untuk parameter ammonia, namun diharapkan kadar ammonia dalam air sungai dan air sumur relatif kecil sehingga tidak akan mempengaruhi kesehatan masyarakat. Hasil pengukuran kadar ammonia pada air sungai dapat dilihat pada Tabel 31.

**Tabel 31.** Hasil Pengukuran Parameter Ammonia pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
Ammonia	mg/l	3,95	3,7	3,15	3,05	2,20	13,40	-	-

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berdasarkan Tabel 31, dapat dilihat kadar ammonia pada sungai 1 adalah 3,95 mg/l. Pada sungai 2, kadar ammonia mengalami penurunan menjadi 3,7 mg/l. Kadar ammonia pada sungai 3 sebesar 3,15 mg/l, nilai ini turun karena dipengaruhi besarnya arus sungai. Arus yang besar dapat menyebabkan aerasi yang besar sehingga kadar oksigen terlarut dalam air akan menjadi besar yang akan berpengaruh pada menurunnya kadar ammonia dalam air sungai. Kadar ammonia pada sungai 4 adalah 3,05 mg/l dan menjadi 2,20 mg/l pada sungai 5.

Kadar ammonia meningkat cukup signifikan pada sungai 6 yaitu sebesar 13,4 mg/l. Kadar ammonia yang tinggi ini diperkirakan berasal dari dekomposisi bahan organik yang terbawa dalam lindi dan terakumulasi dalam sungai. Menurut Sawyer dan McCarty dalam Effendi (2003), jika kadar ammonia lebih dari 0,2 mg/l, perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan.

Di sungai kandungan ammonia dapat terbentuk karena proses deaminasi dari senyawa-senyawa organik yang bemitrogen dan dari hidrolisis urea. Sumber ammonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Daya racun ammonia akan meningkat sebanding dengan meningkatnya pH perairan dan rendahnya kandungan oksigen terlarut.

**Tabel 32.** Hasil Pengukuran Parameter Ammonia pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Kimia</b>									
Ammonia		0,10	0,14	0,22	0,18	0,11	0,11	0,05	-

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Berdasarkan Tabel 32, dapat dilihat bahwa kadar ammonia pada air sumur kurang dari 0,25 mg/l. PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tidak mengatur baku mutu ammonia. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar ammonia berfluktuasi pada setiap jarak pengambilan titik sampel. Hal ini disebabkan karena ammonia merupakan salah satu senyawa yang sangat labil pada kondisi aerobik di air alam karena dapat dengan mudah terurai menjadi nitrat/nitrit.

Berdasarkan analisis regresi, terlihat bahwa nilai konstanta adalah sebesar 0,154, nilai koefisien b sebesar  $4,0548 \times 10^{-5}$ , sedangkan koefisien determinasi adalah sebesar 0,022. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa 2,2% variasi atau perubahan dalam variabel nilai ammonia bisa dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan sebesar 97,8% oleh variabel yang lain. Hal ini berarti pencemaran sumur karena ammonia dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya pengaruh kadar oksigen dalam air, suhu air, dan pH. Dengan melihat hasil analisis regresi dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 0,154 - 4,0548 \times 10^{-5} X$$

Dimana: X = jarak sumur dari Sungai Ciketing-Sumur Batu

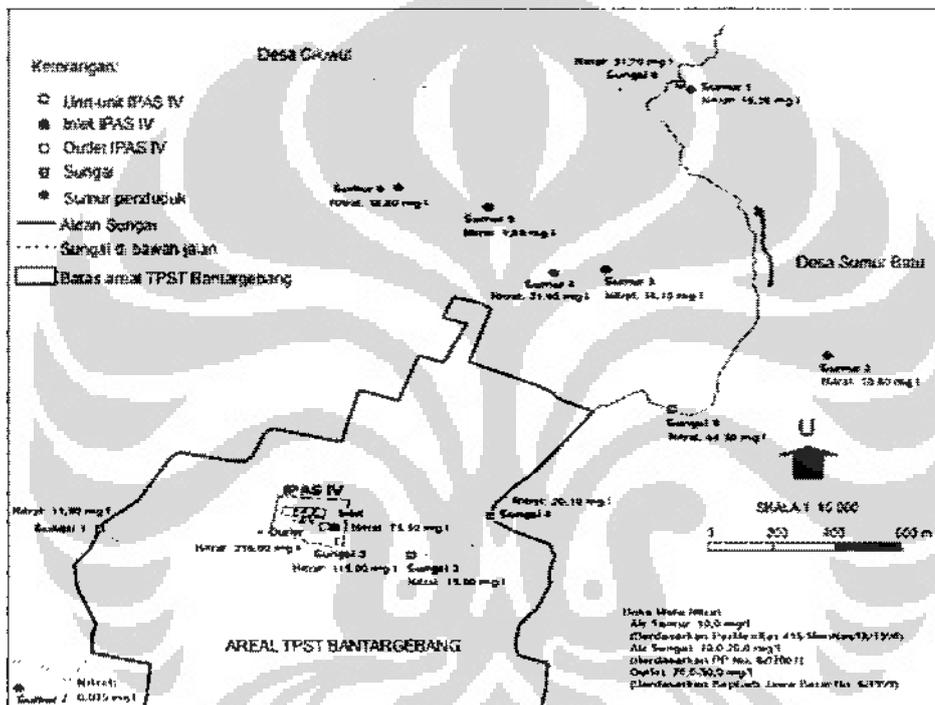
Y = nilai ammonia

Nilai konstanta sebesar 0,154 berarti bahwa jika jarak sumur sebesar nol, maka nilai ammonia sebesar 0,154 mg/l. Nilai koefisien b sebesar  $-4,0548 \times 10^{-5}$  berarti

bahwa perubahan dalam jarak sumur sebesar satu meter akan mengubah nilai ammonia sebesar  $-4,0548 \times 10^{-5}$ . Hal ini berarti semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai ammonia akan semakin kecil.

#### 4.4.5. Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Fluktuasi kandungan nitrat dalam sampel air (air sumur dan air sungai) yang diambil di lokasi sekitar IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 32.



**Gambar 32.** Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Nitrat

Berdasarkan Gambar 32, kandungan nitrat pada air sungai berkisar antara 11,90-115,0 mg/l sedangkan kandungan nitrat pada air sumur adalah 9,80-21,90 mg/l. Kandungan nitrat pada sungai 1 dan sungai 3 masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 golongan III, yaitu 20,0 mg/l namun telah melebihi baku mutu untuk golongan II, yaitu 10,0 mg/l. Kandungan nitrat pada sungai 2, sungai 4, sungai 5, dan sungai 6 telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 baik golongan II maupun golongan III.

Parameter nitrat yang terdapat pada air sumur yang masih memenuhi baku mutu berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 adalah sumur 5,

sedangkan sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, dan sumur 6 tidak memenuhi baku mutu berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/DX/1990 yaitu 10,0 mg/l. Hasil pengukuran dari masing-masing sampel air sungai dapat dilihat pada Tabel 33.

**Tabel 33.** Hasil Pengukuran Parameter Nitrat pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
Nitrat	mg/l	11,90		15,0				10,0	20,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berdasarkan Tabel 33, dapat dilihat bahwa kandungan nitrat terendah terjadi pada sungai 1 (air sungai sebelum memasuki kawasan IPAS IV TPST Bantargebang). Sebelum memasuki lokasi IPAS IV, air sungai mempunyai kandungan nitrat sebesar 11,90 mg/l. Pada sungai 2, kadar nitrat mengalami peningkatan menjadi 115,0 mg/l. Hal ini diduga karena terjadi pencampuran antara lindi yang sudah diolah dan lindi yang tidak diolah. Lindi yang sudah diolah (lindi outlet IPAS IV) mempunyai kadar nitrat yang tinggi, yaitu sebesar 76,0 mg/l. Hal ini berarti, air hasil olahan IPAS IV TPST Bantargebang masih mengandung kadar nitrat yang tinggi untuk dibuang ke sungai karena masih melebihi baku mutu yang disyaratkan dan akan mempengaruhi kualitas air sungai di sekitar IPAS IV TPST Bantargebang sebagai badan air penerima dari IPAS IV.

Kadar nitrat pada sungai 3 mengalami penurunan menjadi 15,0 mg/l dimana nilai ini masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 untuk golongan III, yaitu 20,0 mg/l namun telah melebihi baku mutu untuk golongan II, yaitu 10,0 mg/l. Kadar nitrat pada sungai 4 mengalami peningkatan menjadi 20,10 mg/l. Nilai ini telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 baik golongan II, yaitu 10,0 mg/l maupun golongan III, yaitu 20,0 mg/l. Peningkatan

kadar nitrat pada sungai 4 diduga akibat pengaruh efluen dari IPAS II yang belum optimal menyisihkan nitrat.

Kadar nitrat pada sungai 5 juga mengalami peningkatan menjadi 44,50 mg/l karena bercampur dengan air limbah yang berasal dari TPA Bekasi. Kadar nitrat pada sungai 5 telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 baik golongan II, yaitu 10,0 mg/l maupun golongan III, yaitu 20,0 mg/l.

Sungai 6 merupakan sungai yang digunakan penduduk sekitar untuk mengairi sawah (tanaman padi). Kadar nitrat pada sungai 6 adalah 31,70 mg/l. Baku mutu nitrat berdasarkan PP No. 82/2001 untuk golongan II adalah 10,0 mg/l dan untuk golongan III adalah 20,0 mg/l, hal ini berarti kadar nitrat pada sungai 6 telah melebihi baku mutu untuk golongan II dan golongan III.

Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l di perairan menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat-nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*).

**Tabel 34.** Hasil Pengukuran Parameter Nitrat pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Kimia</b>									
Nitrat						9,8		0,035	10,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Berdasarkan Tabel 34, dapat dilihat bahwa kadar nitrat pada masing-masing sumur mempunyai perbedaan yang cukup besar. Kadar nitrat dari 6 sumur yang

diambil sampel airnya, yang paling tinggi adalah pada jarak 500 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 18,80 mg/l dan yang terendah pada jarak 400 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 9,80 mg/l.

Kadar nitrat yang terdapat dalam air sumur yang melebihi baku mutu adalah sumur 1 (50 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 15,20 mg/l, sumur 2 (100 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 10,60 mg/l, sumur 3 (200 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 14,10 mg/l, sumur 4 (300 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 21,90 mg/l, dan sumur 6 (500 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu) yaitu 18,80 mg/l. Baku mutu nitrat yang disyaratkan berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 adalah 10,0 mg/l.

Kadar nitrat yang tinggi disebabkan karena hasil olahan lindi dari IPAS IV TPST Bantargebang telah melebihi baku mutu yang disyaratkan, sehingga akan berpengaruh terhadap kualitas air sungai dan air sumur penduduk yang ada di sekitar IPAS IV TPST Bantargebang. Konsumsi air yang mengandung kadar nitrat yang tinggi akan menurunkan kapasitas darah untuk mengikat oksigen, terutama pada bayi yang berumur kurang dari lima bulan. Keadaan ini dikenal sebagai *methemoglobinemia* atau *blue baby disease*, yang mengakibatkan kulit bayi berwarna kebiruan.

Berdasarkan analisis regresi, terlihat bahwa nilai konstanta adalah sebesar 13,068, nilai koefisien b sebesar 0,00774, sedangkan koefisien determinasi adalah sebesar 0,083. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa 8,3% variasi atau perubahan dalam variabel nilai nitrat bisa dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan sebesar 91,7% oleh variabel yang lain. Hal ini berarti pencemaran sumur karena nitrat dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya pengaruh suhu dan kandungan oksigen dalam air sumur. Dengan melihat hasil analisis regresi dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 13,068 + 0,00774X$$

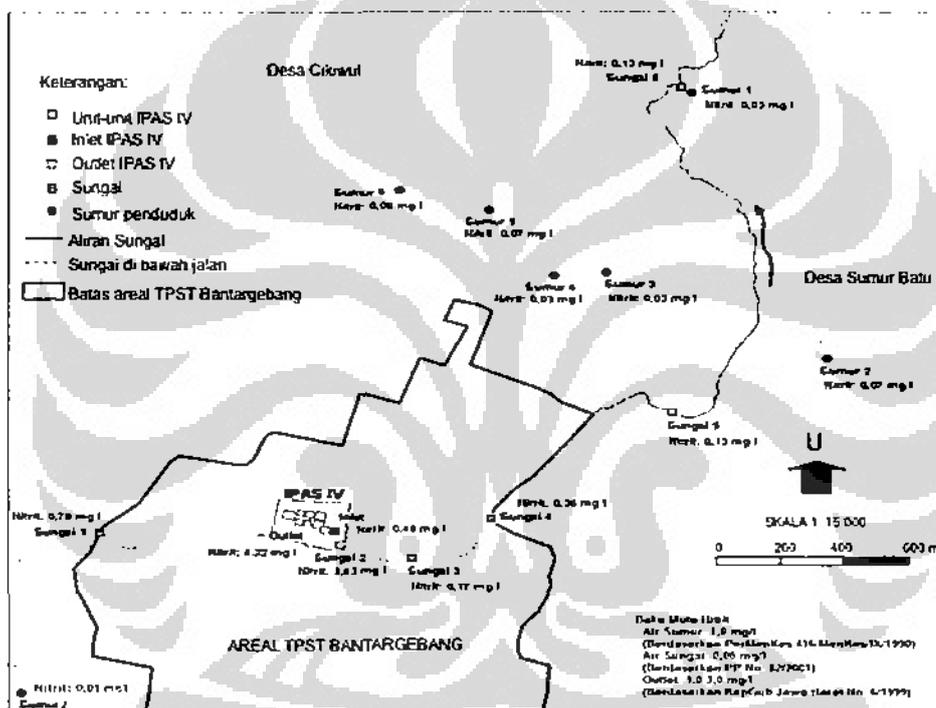
Dimana: X = jarak sumur dari Sungai Ciketing-Sumur Batu

Y = nilai nitrat

Nilai konstanta sebesar 13,068 berarti bahwa jika jarak sumur sebesar nol, maka nilai nitrat sebesar 13,068 mg/l. Nilai koefisien b sebesar 0,00774 berarti bahwa perubahan dalam jarak sumur sebesar satu meter akan mengubah nilai nitrat sebesar 0,00774. Hal ini berarti semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai nitrat akan semakin kecil.

#### 4.4.6. Nitrit (NO<sub>2</sub>)

Fluktuasi kadar nitrit dalam sampel air (air sumur dan air sungai) yang diambil di lokasi sekitar IPAS IV TPST Bantargebang dapat dilihat pada Gambar 33.



**Gambar 33.** Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Nitrit

Berdasarkan Gambar 33, kadar nitrit pada air sungai berkisar antara 0,13-3,83 mg/l sedangkan kadar nitrit pada air sumur berkisar antara 0,03-0,07 mg/l. Kadar nitrit pada semua sampel air sungai telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 golongan II dan golongan III, yaitu 0,06 mg/l. Sedangkan kadar nitrit yang terdapat pada air sumur masih memenuhi baku mutu berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 yaitu 1,0 mg/l. Hasil pengukuran dari masing-masing sampel air dapat dilihat pada Tabel 35 untuk sampel air sungai dan Tabel 36 untuk sampel air sumur.

**Tabel 35. Hasil Pengukuran Parameter Nitrit pada Air Sungai**

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
Nitrit	mg/l							0,06	0,06

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berdasarkan Tabel 35, dapat dilihat bahwa kadar nitrit yang terdapat pada semua sampel air sungai telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 baik golongan II maupun golongan III yaitu 0,06 mg/l. Kadar nitrit terendah terjadi pada sungai 5 dan sungai 6, yaitu 0,13 mg/l. Kadar nitrit tertinggi terjadi pada sungai 2, yaitu 3,83 mg/l.

Kadar nitrit pada sungai 1 (air sungai sebelum memasuki kawasan IPAS IV TPST Bantargebang) sebesar 0,79 mg/l. Kadar nitrit pada sungai 1 telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 baik golongan II maupun golongan III. Pada sungai 2, kadar nitrit mengalami peningkatan menjadi 3,83 mg/l. Hal ini diduga karena terjadi pencampuran antara lindi yang sudah diolah dan lindi yang tidak diolah. Lindi yang sudah diolah (lindi outlet IPAS IV) mempunyai kadar nitrit yang masih relatif tinggi, yaitu sebesar 24,22 mg/l. Hal ini berarti, air hasil olahan IPAS IV TPST Bantargebang masih mengandung kadar nitrit yang tinggi untuk dibuang ke sungai karena masih melebihi baku mutu yang disyaratkan dan akan mempengaruhi kualitas air sungai di sekitar IPAS IV TPST Bantargebang sebagai badan air penerima dari IPAS IV.

Kadar nitrit pada sungai 3 mengalami penurunan menjadi 0,17 mg/l, walaupun telah mengalami penurunan, namun nilai ini telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 untuk golongan II dan golongan III, yaitu 1,0 mg/l. Kadar nitrit pada sungai 4 mengalami peningkatan menjadi 0,36 mg/l. Nilai ini telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 baik golongan II maupun golongan III. Kadar nitrat pada sungai 4 mengalami peningkatan

menjadi 20,10 mg/l. Peningkatan kadar nitrit pada sungai 4 diduga akibat pengaruh efluen dari IPAS IV yang belum optimal menyisihkan nitrit.

Kadar nitrit pada sungai 5 juga mengalami penurunan menjadi 0,13 mg/l dan kadar nitrit pada sungai 6 sebesar 0,13 mg/l. Kadar nitrit pada sungai 5 dan sungai 6 telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82/2001 baik golongan II, maupun golongan III, yaitu 0,06 mg/l.

Di perairan alami, nitrit ( $\text{NO}_2$ ) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Kadar nitrit yang melebihi 0,05 mg/l bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moose dalam Effendi, 2003). Bagi manusia dan hewan, nitrit lebih bersifat toksik daripada nitrat. Pada manusia, konsumsi nitrit yang berlebihan dapat mengakibatkan terganggunya proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah yang selanjutnya membentuk met-hemoglobin yang tidak mampu mengikat oksigen.

**Tabel 36.** Hasil Pengukuran Parameter Nitrit pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Kimia</b>									
Nitrat		0,03	0,07	0,03	0,03	0,07	0,06	0,01	1,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Berdasarkan Tabel 36, dapat dilihat bahwa kadar nitrit pada masing-masing sumur masih memenuhi baku mutu yang berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, yaitu 1,0 mg/l. Kadar nitrit dari 7 sumur yang diambil

sampel airnya, yang paling tinggi adalah pada jarak 100 meter dan 400 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 0,07 mg/l dan yang terendah pada jarak 50 meter, 200 meter, dan 300 meter dari Sungai Ciketing-Sumur Batu yaitu 0,03 mg/l serta sumur kontrol yaitu 0,01 mg/l.

Kadar nitrit yang terdapat pada keenam sampel air sumur relatif kecil, hal ini disebabkan karena kadar nitrit yang terkandung dalam air Sungai Ciketing-Sumur Batu juga kecil, sehingga akan berpengaruh pada kualitas air sumur penduduk di sekitar Sungai tersebut. Kadar nitrit pada sumur kontrol kecil karena kondisi sumur mempunyai bibir sumur dan secara hidrogeologi berada di hulu TPST Bantargebang.

Menurut PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, kandungan nitrit dalam air bersih tidak boleh lebih dari 1 mg/l, karena kandungan nitrit pada air di dalam tubuh merupakan racun yang dapat membentuk methemoglobin yaitu keadaan dimana haemoglobin tidak mau mengikat oksigen. Dengan demikian haemoglobin dalam darah tidak dapat melaksanakan fungsinya mengedarkan oksigen yang dibutuhkan jaringan tubuh dan mengakibatkan tubuh menjadi biru.

Berdasarkan analisis regresi, terlihat bahwa nilai konstanta adalah sebesar 0,03715, nilai koefisien b sebesar  $4,3288 \times 10^{-5}$ , sedangkan koefisien determinasi adalah sebesar 0,1368. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa 13,68% variasi atau perubahan dalam variabel nilai nitrit bisa dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan sebesar 86,32% oleh variabel yang lain. Hal ini berarti pencemaran sumur karena nitrit dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya pengaruh suhu dan kandungan oksigen dalam air sumur. Dengan melihat hasil analisis regresi dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 0,03715 + 4,3288 \times 10^{-5} X$$

Dimana: X = jarak sumur dari Sungai Ciketing-Sumur Batu

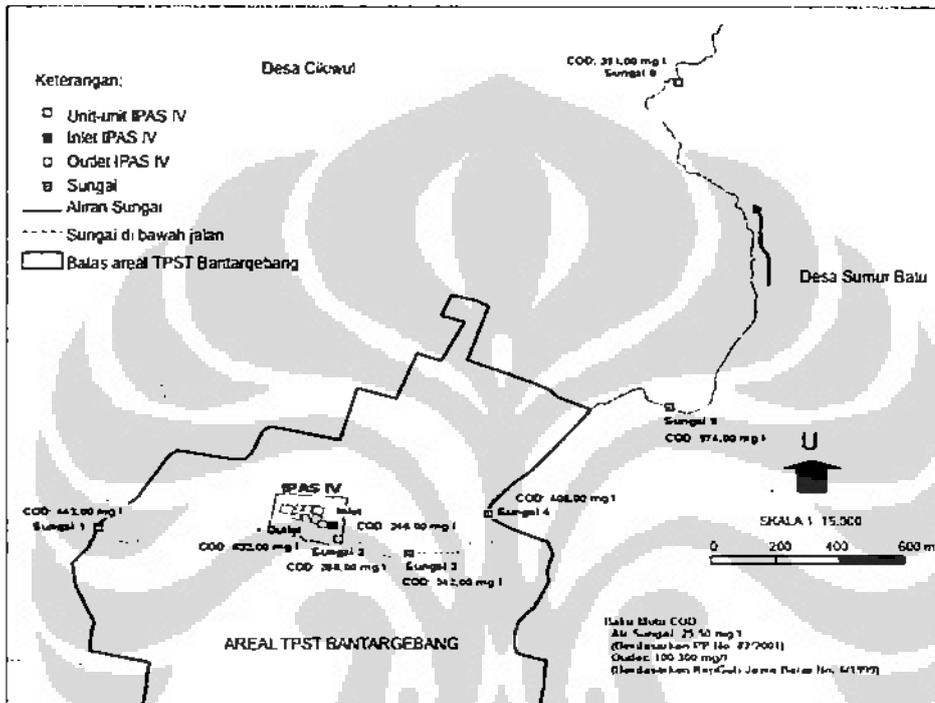
Y = nilai nitrit

Nilai konstanta sebesar 0,03715 berarti bahwa jika jarak sumur sebesar nol, maka nilai nitrit sebesar 0,03715 mg/l. Nilai koefisien b sebesar  $4,3288 \times 10^{-5}$  berarti bahwa perubahan dalam jarak sumur sebesar satu meter akan mengubah

nilai nitrit sebesar  $4,3288 \times 10^{-5}$ . Hal ini berarti semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai nitrit akan semakin kecil.

#### 4.4.7. COD

Dalam penelitian ini, hanya sampel air sungai yang dilakukan uji COD dan BOD karena COD dan BOD bukan merupakan parameter kunci dalam air sumur.



**Gambar 34.** Lokasi Pengambilan Sampel untuk Parameter COD

Berdasarkan Gambar 34, dapat dilihat bahwa rentang nilai COD berkisar antara 286,0-574,0 mg/l. Semua sampel air sungai yang diteliti menunjukkan telah melebihi baku mutu yang berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 baik golongan II, yaitu 25 mg/l maupun golongan III, yaitu 50 mg/l. Hasil pengukuran nilai COD air sungai dapat dilihat pada Tabel 37.

**Tabel 37.** Hasil Pengukuran Parameter COD pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
COD	mg/l							25	30

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berdasarkan Tabel 37, dapat diketahui bahwa sungai 1 sudah mempunyai nilai COD yang tinggi, yaitu 443,0 mg/l. Hal ini berarti sebelum memasuki lokasi IPAS IV TPST Bantargebang, nilai COD yang terkandung dalam air sungai sudah tinggi. Pada sungai 2, nilai COD mengalami penurunan menjadi 286,0 mg/l. Nilai ini telah melebihi baku mutu COD yang berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 baik golongan II maupun golongan III. Nilai COD mengalami kenaikan lagi pada sungai 3, yaitu sebesar 342,0 mg/l. Peningkatan kadar COD pada sungai 3 diduga akibat banyaknya bahan organik yang terdapat di dalam air yang berasal dari dekomposisi sampah.

Pada sungai 4, nilai COD juga naik menjadi 406,0 mg/l. Hal ini diduga akibat effluen IPAS II belum efektif menyisihkan COD. Nilai COD mengalami kenaikan lagi pada sungai 5 yaitu sebesar 574,0 mg/l diduga akibat limbah cair dari TPA Bekasi. Pada sungai 6, nilai COD mengalami penurunan menjadi 351,0 mg/l akibat pengenceran. Nilai ini telah melebihi baku mutu COD yang berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 baik golongan II maupun golongan III. Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian.

#### 4.4.B. BOD

Hasil pengukuran nilai BOD dapat dilihat pada Tabel 38.

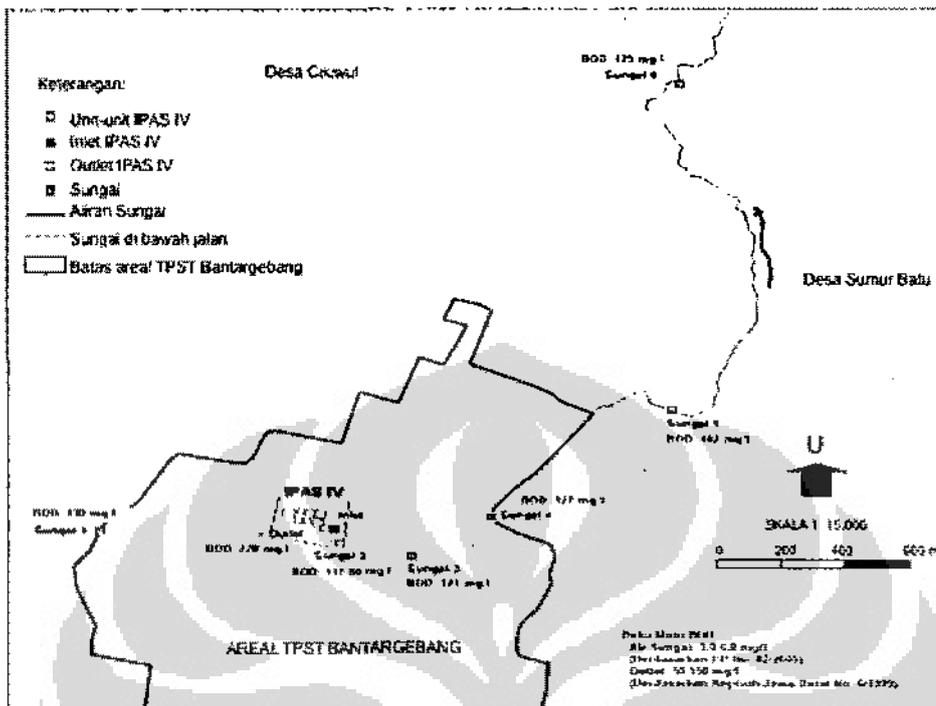
**Tabel 38.** Hasil Pengukuran Parameter BOD pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
COD	mg/l							3	6

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Lokasi pengambilan sampel air sungai dapat dilihat pada Gambar 35.



**Gambar 35.** Lokasi Pengambilan Sampel untuk Parameter BOD

Berdasarkan Tabel 38 dan Gambar 35, dapat dilihat bahwa nilai BOD yang tertinggi terjadi pada sungai 5, yaitu 142,0 mg/l dan yang terendah pada sungai 2, yaitu sebesar 117,0 mg/l. Semua sampel air sungai yang diteliti telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 baik golongan II, yaitu 3 mg/l maupun golongan III, yaitu 6 mg/l. Pada sungai 1 (air sungai sebelum melewati lokasi IPAS IV TPST Bantargebang), nilai BOD sudah tinggi yaitu 130,0 mg/l. Hal ini berarti sebelum masuk ke lokasi IPAS IV TPST Bantargebang, sungai 1 sudah tercemar oleh limbah organik.

Pada sungai 2, nilai BOD turun menjadi 117,0 mg/l. Nilai ini telah melebihi baku mutu yang disyaratkan berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 baik golongan II, yaitu 3 mg/l maupun golongan III, yaitu 6 mg/l. Nilai BOD pada sungai 3 mengalami kenaikan lagi menjadi 121,0 mg/l. Peningkatan kadar BOD pada sungai 3 diduga akibat banyaknya bahan organik yang terdapat di dalam air yang berasal dari dekomposisi sampah.



**Tabel 39.** Hasil Pengukuran Parameter Besi pada Air Sungai

Parameter	Satuan	Sungai						Baku Mutu*)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	II	III
<b>Kimia</b>									
Besi	mg/l	5,60	6,00	4,20	6,00	7,60	5,30	-	-

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berdasarkan Tabel 39, PP No. 82 Tahun 2001 tidak mengatur kadar besi dalam air sungai sehingga tidak dapat diketahui apakah kadar besi yang terukur dalam sampel air sungai telah sesuai dengan standar yang ditentukan atau belum. Menurut Moore (1991), kadar besi >1,0 mg/l dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik. Kandungan besi yang sesuai dengan yang dibutuhkan dapat menunjang pertumbuhan biologis biota dan algae, tetapi jika konsentrasi besi tinggi kemungkinan biota perairan akan terganggu akibat keracunan.

**Tabel 40.** Hasil Pengukuran Parameter Besi pada Air Sumur

Parameter	Satuan	Jarak dari Badan Sungai Ciketing-Sumur Batu							Baku Mutu Air Bersih*)
		50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	Kontrol	
<b>Kimia</b>									
Besi									1,0

Keterangan:

\*) Baku Mutu Berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air

Berdasarkan persyaratan kualitas air bersih Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990, kadar besi maksimum yang diperbolehkan sebesar 1,0 mg/l, tetapi hasil pengukuran besi air sumur berkisar antara 3,00–7,19 mg/l.

Hal ini menunjukkan bahwa kandungan besi pada sebagian besar air sumur penduduk tidak memenuhi persyaratan kualitas air minum dan telah tercemar besi.

Kandungan besi yang tinggi pada sebagian besar air sumur tersebut dimungkinkan oleh resapan air lindi dari tumpukan-tumpukan sampah yang ada di sekitar sumur penduduk. Besi yang ada di dalam tanah dan mineral sebagian besar adalah ferrioksida yang tidak terlarut, besi sulfide dan sebagian sebagai ferro karbonat, oleh karena itu curah hujan yang tinggi akan membantu proses melarutnya kandungan besi yang pada umumnya terjadi pengendapan besi sulfide. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH.

Kadar besi yang berlebihan selain dapat mengakibatkan timbulnya warna merah juga mengakibatkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam. Adanya kandungan besi di air sumur gali penduduk dapat menyebabkan gangguan rasa, bau amis pada air, dan berwarna keruh. Garam-garam ferro dan ferri yang terlarut dapat pula mengakibatkan gangguan pada perut dan usus, disamping dapat pula menimbulkan nekrosis pada saluran pencernaan, hati, dan ginjal. Besi di perairan dalam bentuk oksidasi besi ( $\text{FeO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dapat bersifat karsinogenik terhadap jaringan paru.

Berdasarkan analisis regresi, terlihat bahwa nilai konstanta adalah sebesar 5,1997, nilai koefisien b sebesar -0,00252, sedangkan koefisien determinasi adalah sebesar 0,1504. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa 15,04% variasi atau perubahan dalam variabel nilai besi bisa dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan sebesar 84,96% oleh variabel yang lain. Hal ini berarti pencemaran sumur karena besi dimungkinkan berasal dari faktor lain, misalnya pengaruh pH dan kandungan oksigen dalam air sumur. Dengan melihat hasil analisis regresi dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 5,1997 - 0,00252X$$

Dimana: X = jarak sumur dari Sungai Ciketing-Sumur Batu

Y = nilai besi

Nilai konstanta sebesar 5,1997 berarti bahwa jika jarak sumur sebesar nol, maka nilai besi sebesar 5,1997 mg/l. Nilai koefisien b sebesar -0,00252 berarti bahwa

perubahan dalam jarak sumur sebesar satu meter akan mengubah nilai besi sebesar -0,00252. Hal ini berarti semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai besi akan semakin kecil.

Berdasarkan uraian tentang penurunan kualitas air sungai dan air sumur penduduk akibat pengaruh lindi, dapat disimpulkan bahwa sungai yang kualitas airnya paling buruk adalah sungai 5 karena semua parameter kunci untuk air sungai (SS, nitrat, nitrit, COD, BOD) melebihi baku mutu berdasarkan PP no. 82 tahun 2001 untuk golongan III, sehingga sungai 5 tidak sesuai lagi dengan peruntukannya (pertanian). Hal ini diduga disebabkan karena efluen limbah dari TPA Bekasi. Air sumur yang kualitasnya paling buruk adalah sumur 1 dan sumur 3. Hal ini diduga akibat penguraian bahan organik dari penumpukan sampah di sekitar sumur penduduk dan kondisi sumur.

#### **4.5. Rekomendasi Perbaikan**

##### **4.5.1. Rekomendasi Perbaikan Unit Pengolahan Lindi**

Rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengurasan secara berkala, minimal 1 bulan sekali, agar supaya tidak terjadi pendangkalan yang berpengaruh pada penurunan kapasitas tampungan.
2. Mengoptimalkan suplai oksigen. Mesin aerator dan blower dihidupkan selama 24 jam agar supaya proses pengolahan lindi menjadi optimal.
3. Melakukan pemantauan harian terhadap efisiensi penyisihan zat pencemar masing-masing unit pengolahan sehingga dapat diketahui unit pengolahan mana yang perlu perbaikan sehingga diperoleh efluen yang sesuai dengan baku mutu dan akhirnya dapat mencegah pencemaran yang mungkin timbul.
4. Perlu dilakukan pengukuran debit secara berkala agar supaya debit rata-rata harian, debit maksimum, debit minimum, dan fluktuasi debit antara musim hujan dan musim kemarau dapat terpantau.

#### 4.5.2. Rekomendasi Perbaikan Sistem Lingkungan

Rekomendasi perbaikan sistem lingkungan berkaitan dengan sistem pengelolaan dan pengolahan sampah di TPST Bantargebang. Rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Memastikan saluran drainase tetap berfungsi dengan baik untuk mengalirkan lindi ke IPAS.
2. Pelaksanaan *sanitary landfill* (lahan urug saniter) sesuai dengan persyaratan landfill yang berlaku semestinya, misalnya kegiatan pelapisan sampah dengan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi, melakukan penanaman *cover crop* pada tanah dalam zona yang telah ditutup. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran air permukaan dan air tanah oleh rembesan lindi yang masih diatas baku mutu.
3. Perlunya peningkatan kesadaran masyarakat untuk melakukan segregasi sampah sejak dini untuk mengurangi beban proses dekomposisi sampah dan pengolahan lindi.
4. Perlunya peningkatan kesadaran masyarakat untuk peduli terhadap kebersihan lingkungan di sekitar tempat tinggalnya dan peningkatan sarana dan prasarana sanitasi lingkungan oleh pemerintah.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tentang evaluasi kinerja lingkungan Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) IV TPST Bantargebang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja pengolahan IPAS IV TPST Bantargebang masih belum optimal. Dari hasil penelitian terlihat bahwa persentase penyisihan yang dicapai oleh IPAS IV untuk beberapa parameter kunci (yaitu: COD, BOD, ammonia, nitrit, dan nitrat) masih rendah. Efluen lindi yang tidak memenuhi baku mutu apabila dibuang ke badan air penerima (sungai), akan menyebabkan penurunan kualitas air baik air sungai maupun air sumur sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya. Tidak berhasilnya IPAS IV menurunkan beban pencemar seperti yang diharapkan karena kurangnya daya dukung instalasi terhadap beban lindi yang masuk.
2. Berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia air, diketahui bahwa parameter SS, pH, nitrat, dan besi yang terkandung dalam air sumur telah melampaui baku mutu berdasarkan PerMenKes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Air sumur yang kualitasnya paling buruk adalah sumur 1 dan sumur 3. Hal ini diduga akibat penguraian bahan organik dari penumpukan sampah di sekitar sumur penduduk dan kondisi sumur.

Dari hasil analisis regresi, dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak sumur dari sumber pencemar, nilai bahan pencemar akan semakin kecil. Hal ini ditunjukkan dengan koefisien determinasi sebesar 0,1368, yang dapat diartikan bahwa hanya 13,68% variasi atau perubahan dalam variabel bahan pencemar lindi dapat dijelaskan oleh perubahan dalam variabel jarak sumur, sedangkan 86,32% oleh variabel lain, misalnya kondisi lingkungan tempat tinggal penduduk yang banyak terdapat tumpukan sampah hasil pulungan.

3. Berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia air, diketahui bahwa parameter SS, COD, BOD, nitrit, dan nitrat air sungai telah melampaui baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sungai yang kualitas efluennya paling buruk adalah sungai 5. Hal ini diduga akibat efluen limbah dari TPA Bekasi.

## 5.2. Saran

Rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan lindi pada IPAS IV TPST Bantargebang meliputi perbaikan unit pengolahan lindi dan perbaikan sistem lingkungan.

Perbaikan unit pengolahan lindi, antara lain:

1. Melakukan pengurusan secara berkala, minimal 1 bulan sekali, agar supaya tidak terjadi pendangkalan yang berpengaruh pada penurunan kapasitas tampungan.
2. Mengoptimalkan suplai oksigen. Mesin aerator dan blower dihidupkan selama 24 jam agar supaya proses pengolahan lindi menjadi optimal.
3. Melakukan pemantauan harian terhadap efisiensi penyisihan zat pencemar masing-masing unit pengolahan sehingga dapat diketahui unit pengolahan mana yang perlu perbaikan sehingga diperoleh efluen yang sesuai dengan baku mutu dan akhirnya dapat mencegah pencemaran yang mungkin timbul.
4. Perlu dilakukan pengukuran debit secara berkala agar supaya debit rata-rata harian, debit maksimum, debit minimum, dan fluktuasi debit antara musim hujan dan musim kemarau dapat terpantau.

Perbaikan sistem lingkungan, antara lain:

1. Memastikan saluran drainase tetap berfungsi dengan baik untuk mengalirkan lindi ke IPAS.
2. Pelaksanaan *sanitary landfill* (lahan urug saniter) sesuai dengan persyaratan landfill yang berlaku semestinya, misalnya kegiatan pelapisan sampah dengan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi, melakukan penanaman *cover crop* pada tanah dalam zona yang

telah ditutup. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran air permukaan dan air tanah oleh rembesan lindi yang masih diatas baku mutu.

3. Perlunya peningkatan kesadaran masyarakat untuk melakukan segregasi sampah sejak dini untuk mengurangi beban proses dekomposisi sampah dan pengolahan lindi.
4. Perlunya peningkatan kesadaran masyarakat untuk peduli terhadap kebersihan lingkungan di sekitar tempat tinggalnya dan peningkatan sarana dan prasarana sanitasi lingkungan oleh pemerintah.



## 5. DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Alaerts, G. S.S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional Surabaya.
- Andreottola, G. Cannes P. 1992. *Biological and Chemical Characteristics of Landfill Leachate*. Environmental Sanitary Engineering Center, Technical Note No.3.
- Bebassari, Sri. 2006. *Kebijakan Manajemen Sampah dan Lingkungan di Perkotaan*. <http://otps.ampl.or.id/en/index.php>, 17 Juli 2009, pk. 16.10 WIB.
- Benfield, Larry D. Clifford, W. Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Prentice – Hall, Inc., USA.
- BPLHD. 2006. *Laporan Akhir Pemantauan TPA Bantargebang Tahun Anggaran 2006*. BPLHD Provinsi DKI Jakarta dan Tim Independent (PPSM-UI dan UNISMA), Jakarta.
- Christensen, T.H., R. Cosso, and R. Stegmann. 1992. *Landfill of Waste: Leachate*. Elsevier Science Publishers, Ltd. England.
- Damanhuri, Enri. 2004. *Teknik Pembuangan Akhir*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Darmasetiawan, Martin. 2001. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Yayasan Suryono, Bandung.
- Darmasetiawan, Martin. 2004. *Perencanaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA)*. Jakarta : Ekamitra Engineering.
- Dass, P., Tamke, G.R., & Stoffel, C. 1977. *Leachate Production at Sanitary Landfill Sites*, J. Environ. Eng. Div. (Proc. Am. Soc. Civil Eng.) 103 EE62.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1994. *Domestic Solid Disposal*. UP3KT Bidang Air Bersih dan PLP, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dinas Kebersihan. 2008. *Laporan Pemantauan Kualitas Lingkungan Sekitar TPA Bantargebang*, Dinas Kebersihan Pemerintah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jakarta.
- Dinas Kebersihan, 1996. *Studi Perencanaan Detail LPA Bantargebang Zone IV*. Dinas Kebersihan Pemerintah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jakarta.
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution control*, Third Edition, Mc Graw – Hill Book Co., Singapore.

- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- Hadi, Anwar. 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hadiyanti. 2007. *Skripsi Instalasi Pengolahan Air Lindi TPA Muarareja Kota Tegal*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Hammer, Mark J. 1975. *Water and Wastewater Technology*. New York : John Willey and Sons Inc.
- Haslinda, T. 1998. *Hubungan Sanitary Landfill dengan Kualitas Air Tanah dan Kesehatan Masyarakat*. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hendrawan, D.I. 1997. *Pengaruh Leachate terhadap Sungai dan Perbaikan Kinerja Bangunan Pengolah Leachate*. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*. Jakarta : Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated design of water treatment facilities*. JOHN Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. *Definisi Air Limbah Domestik*. <http://bplhd.jakarta.go.id/info/NKLD/2001/Docs/Buku-II/docs/42.htm>. 7 Agustus 2009. Pk. 09.54 WIB.
- Kusnoputranto, H. 1983. *Kesehatan Lingkungan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Langenegger O. 1994. *Groundwater Quality and Handpump Corrosion in West Africa, Wasingthon DC: UNDP – Word Bank Water and Sanitation*. (p. 141).
- Lema, J.M., Mendez, R., & Blázquez, R., 1988. *Characteristics of Landfill Leachates and Alternatives for Their Treatment: a Review*, *Water Air Soil Pollutant*. 40.
- Maramis, Alfonds Andrew. 2008. *Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA*. <http://opini-manadopost.blogspot.com>. 12 Juli 2009. Pk. 15.10 WIB.
- Marsono, Bowo Djoko. 2000. *Teknik Pengolahan Limbah Secara Biologis*. Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Moore, J.W. 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag, New York.

Mukai, Akira. 1999. *Sanitary Landfill System Development Programme For the TPA Bantar Gebang*, JICA, Jakarta

Murtadho, J. dan Gumbira, S. 1988. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*. PT. Media Tama Sarana Perkasa. Jakarta.

Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. ITB: Bandung.

Nuryani, et.al., 2003, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* vol 4 (1) PP. 55-63, *Kondisi Tanah dan Prediksi Umur TPA Sampah Bantargebang Bekasi*.

Peavy, H.S., D.R., Rowe, dan G. Tchobanoglous. 1985. *Environmental Engineering*, McGraw-Hill, Inc., Singapura.

PT Arkonin Engineering Manggala Pratama. 1989. *Laporan Akhir Perencanaan Sanitary Landfill Bantargebang Bekasi*, Jakarta.

Pusat Penelitian Tanah. 1981. *Peta Tanah Semi Detail untuk Bekasi dan Sekitarnya*, LPT, Bogor.

Qasim, Syed R., 1985. *Wastewater Treatment Plants : Planning, Design, and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston, Texas.

Qasim, Wyed R. dan Walter Chiang. 1994. *Sanitary Landfill Leachate Generation, Control and Treatment*. Technomic Publishing Co., Inc., Singapura.

Reynolds, Tom D. 1982. *Unit Operations and processes in environmental engineering*, Brooks/Cole Engineering Division A Division of Wadsworth, Inc., California.

Said, Nusa Idaman. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Biologis*. BPPT, Jakarta.

Schneider. 1970. *Hidrologik Implementation of Solid Waste Disposal*. New York: Frederick Betz, Jr.

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

Sundra, I Ketut. 1999. *Pengaruh Pengelolaan Sampah terhadap Kualitas Air Sumur Gali di Sekitar TPA sampah Suwung Denpasar Ball*. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan PPLH Universitas Udayana Denpasar*.

Sundstrom, Donald W. dan Herbert E. Klei. 1979. *Wastewater Treatment*, Prentice – Hall, Inc., USA.

Syafrudin dan I.B. Priyambada. 2001. *Pengolahan Limbah Padat*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

Sylvana. 2005. *Pengaruh Leachate dari TPA Galuga Bogor terhadap Air Permukaan ditinjau dari Parameter BOD dan COD*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti, Jakarta.

Tebbutt, T.H.Y. 1992. *Principles of Water Quality Control*. Fourth Edition. Pergamon Press, Oxford.

Tchobanoglous, G., H. Theisen, dan S. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, Inc., Singapura.

Tchobanoglous, G. dan F.L. Burton. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse Third Edition*, McGraw-Hill, Inc., Singapura.

Vesilind, et al. 2002. *Solid Waste Engineering*. Amerika. Thomsom Learning Inc



**LAMPIRAN 1:**

**KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH TINGKAT I JAWA BARAT  
NO. 6 TAHUN 1999 TENTANG BAKU MUTU LIMBAH CAIR  
BAGI KEGIATAN INDUSTRI DI JAWA BARAT**

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah cair	
			I	II
FISIKA				
1.	Temperatur	Celcius	38	40
2.	Zat padat terlarut	mg/l	2000	4000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/l	200	400
KIMIA				
4.	pH		6,0-9,0	
5.	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10
6.	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5
7.	Barium (Ba)	mg/l	2	3
8.	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3
9.	Seng (Zn)	mg/l	5	10
10.	Krom Hexavalen (Cr <sup>+6</sup> )	mg/l	0,1	0,5
11.	Krom total (Cr)	mg/l	0,5	1
12.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,05	0,1
13.	Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005
14.	Timbal (Pb)	mg/l	0,1	1
15.	Stannum (Sn)	mg/l	2	3
16.	Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5
17.	Selenium (Se)	mg/l	0,05	0,5
18.	Nikel (Ni)	mg/l	0,2	0,5
19.	Kobalt (Co)	mg/l	0,4	0,6
20.	Sianida (CN)	mg/l	0,05	0,5
21.	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/l	0,05	0,1
22.	Fluorida (F)	mg/l	2	3
23.	Klorin bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	1	2
24.	Ammonia bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	1	5
25.	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	20	30
26.	Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	1	3
27.	BOD <sub>5</sub>	mg/l	50	150
28.	COD	mg/l	100	300
29.	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10
30.	Fenol	mg/l	0,5	1
31.	Minyak nabati	mg/l	5	10
32.	Minyak mineral	mg/l	10	50
33.	Radioaktivitas*)		-	-

Catatan:

Untuk memenuhi baku mutu limbah cair tersebut, kadar parameter limbah tidak diperbolehkan dicapai dengan cara pengenceran dengan air yang secara langsung diambil dari sumber air. Kadar parameter limbah tersebut adalah kadar maksimum yang diperbolehkan.

\**) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.*



**LAMPIRAN 2:**

**PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001**

**TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

**TENTANG PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN**

**AIR**

**Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas**

Parameter	Satuan					Keterangan
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari keadaan ilmiah
Residu terlarut	mg/l	1000	1000	1000	2000	
Residu tersuspensi	mg/l	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤5000 mg/l
<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
pH		6-9	6-9	6-9	6-9	Apabila secara alamiah diluar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/l	2	3	6	12	
COD	mg/l	10	25	50	100	
DO	mg/l	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/l	0,2	0,2	1	5	
NO <sub>3</sub> sbg N	mg/l	10	10	20	20	
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	0,5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka ≤0,02 mg/l sebagai NH <sub>3</sub>
Arsen	mg/l	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/l	1	-	-	-	
Boron	mg/l	1	1	1	1	
Selenium	mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,01	

Tembaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu $\leq 1$ mg/l
Besi	mg/l	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe $\leq 5$ mg/l
Timbal	mg/l	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/l
Mangan	mg/l	1	-	-	-	
Air raksa	mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/l	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn $\leq 15$ mg/l
Klorida	mg/l	1	-	-	-	
Sianida	mg/l	0,02	0,02	0,02	-	
Fluorida	mg/l	0,5	1,5	1,5	-	
Nitrit sebagai N	mg/l	0,06	0,06	0,06	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO <sub>2</sub> $\leq 1$ mg/l
Sulfat	mg/l	400	-	-	-	
Klorin bebas	mg/l	0,03	0,03	0,03	-	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sbg H <sub>2</sub> S	mg/l	0,002	0,002	0,002	-	
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal Coli	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fecal coliform $\leq 2000$ jml/100 ml dan total coliform $\leq 10000$ jml/100 ml
Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
<b>RADIOAKTIVITAS</b>						
Gross-A	Bg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	

Gross-B	Bg/l	1	1	1	1	
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan lemak	ug/l	1000	1000	1000	-	
Detergen sbg MBAS	ug/l	200	200	200	-	
Senyawa Fenol	ug/l	1	1	1	-	
BHC	ug/l	210	210	210	-	
Aldrin/Dieldrin	ug/l	17	-	-	-	
Chlordane	ug/l	3	-	-	-	
DDT	ug/l	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlorepoxyde	ug/l	18	-	-	-	
Lindane	ug/l	56	-	-	-	
Methoxyctor	ug/l	35	-	-	-	
Endrin	ug/l	1	4	4	-	
Toxaphan	ug/l	5	-	-	-	

**Keterangan :**

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda < adalah lebih kecil

**LAMPIRAN 3:****Peraturan Menteri Kesehatan****No. 416 Tahun 1990****Tentang : Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air***Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih*

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
<b>FISIKA</b>				
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Zat padat terlarut	mg/l	1000	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	Derajat celcius	Suhu udara $\pm 3$	-
6.	Warna	Skala TCU	16	-
<b>KIMIA</b>				
<b>A. KIMIA ANORGANIK</b>				
1.	pH		6,0-9,0	
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/l	1	
3.	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	0,5	
4.	Seng (Zn)	mg/l	15	
5.	Krom Hexavalen ( $Cr^{+6}$ )	mg/l	0,05	
6.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,005	
7.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001	
8.	Timbal (Pb)	mg/l	0,05	
9.	Kesadahan	mg/l	500	
10.	Arsen (As)	mg/l	0,05	
11.	Selenium (Se)	mg/l	0,01	
12.	Sianida (CN)	mg/l	0,1	
13.	Sulfat	mg/l	400	
14.	Fluorida (F)	mg/l	1,5	
15.	Nitrat ( $NO_3-N$ )	mg/l	10	
16.	Nitrit ( $NO_2-N$ )	mg/l	1	
<b>B. KIMIA ORGANIK</b>				
1.	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,0007	
2.	Benzena	mg/l	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/l	0,00001	
4.	Chloroform (total isomer)	mg/l	0,007	
5.	Chloroform	mg/l	0,03	
6.	2,4-D	mg/l	0,10	
7.	DDT	mg/l	0,03	
8.	Detergen	mg/l	0,5	

9.	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,01	
10.	1,1-Dichloroethene	mg/l	0,0003	
11.	Heptachlor dan heptadorepoxide	mg/l	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/l	0,10	
15.	Pentachloropenol	mg/l	0,01	
16.	Pestisida Total	mg/l	0,10	
17.	2,4,6-trichlorophenol	mg/l	0,01	
18.	Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	10	
<b>MIKROBIOLOGI</b>				
1.	Total koliform	Jumlah/100 ml	0	Bukan air pipa
2.	Koliform tinja belum diperiksa	Jumlah/100 ml	0	Bukan air pipa
<b>RADIOAKTIVITAS</b>				
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha activity)	Bq/l	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta activity)	Bq/l	1,0	

## LAMPIRAN 4:

### LEMBAR KUESIONER

#### A. Identitas responden

1. Nama :
2. Jenis Kelamin :
3. Umur :
4. Pendidikan :
  - a. Tidak sekolah
  - b. Tidak tamat SD
  - c. Tamat SD
  - d. Tamat SMP
  - e. Tamat SMA
  - f. Tamat PT/Akademi
5. Pekerjaan :
  - a. Karyawan swasta
  - b. PNS/pensiunan
  - c. Petani/Buruh tani
  - d. Wiraswasta/pedagang
  - e. Lainnya
6. Asal daerah :
  - a. Asli Bekasi
  - b. Pendetang/luar Bekasi
7. Jika pendatang, asal daerahnya :
  - a. DKI Jakarta
  - b. Jawa Barat
  - c. Jawa Tengah/Jawa Timur
  - d. Luar Jawa
8. Lama tinggal di Bantar Gebang :
  - a. 1-5 tahun
  - b. 5-10 tahun
  - c. Lebih dari 10 tahun
9. Penghasilan/bulan :
  - a. Kurang dari 250.000
  - b. 250.000 – 500.000
  - c. 500.000 - 750.000
  - d. 750.000 – 1.000.000
  - e. Lebih dari 1.000.000

## **B. Pandangan Responden**

10. Apakah dengan adanya TPST Bantargebang di daerah ini menghalangi pekerjaan Bapak/Saudara?
- Tidak
  - Ya
  - Lain-lain (sebutkan)
11. Bagaimana pendapat Bapak/Saudara dengan adanya TPST Bantargebang, apakah:
- Menguntungkan Bapak/Keluarga
  - Sama saja keadaannya dengan sebelum ada TPA
  - Merugikan Bapak/Keluarga
12. Bila menguntungkan Bapak/Saudara dan Keluarga, apa saja hal yang menguntungkan:
- Pendapatan keluarga bertambah
  - Anak-anak dapat disekolahkan lebih lanjut
  - Menambah lapangan pekerjaan
13. Bila kurang menguntungkan/merugikan, apa sebabnya?
- Karena banyak orang luar datang ke desa ini
  - Karena tanah-tanah di desa ini banyak diserobot orang luar
  - Mengganggu kesehatan, seperti timbulnya bau kurang enak, banyak lalat, dan lain-lain (sebutkan)

## **C. Kondisi Tempat Tinggal**

14. Kondisi tempat tinggal
- Permanen
  - Semi permanen
  - Tidak permanen
15. Bagaimana keadaan pemukiman di sekitar rumah Bapak setelah adanya TPST Bantargebang
- Baik, karena
  - Biasa saja, karena
  - Tidak baik, karena

#### **D. Sumber Air Bersih**

16. Untuk keperluan makan/minum, mandi, cuci dan buang kotoran keluarga Bapak/saudara menggunakan air dari
- Sumur timba
  - Sumur pompa
  - Mesin air listrik
  - Sumur artesis
  - Air sungai
17. Bila menggunakan sumur pompa/sumur timba, berapa kedalaman sumur pompa/sumur timba tersebut.....meter

#### **E. Keadaan Air**

18. Keadaan/kondisi air
- Tidak ada keluhan
  - Berbau
  - Berwarna hitam/keruh
  - Berminyak/berbusa
19. Intensitas gangguan air selama 1 tahun terakhir:
- Meningkat
  - Tetap
  - Menurun

#### **F. Kesehatan Masyarakat**

20. Sarana pembuangan air limbah/air kotor/air bekas cucian:
- Dialirkan melalui got/parit
  - Dibuang sembarangan
  - Lain-lain
21. Dimana keluarga Bapak/saudara buang air besar
- WC umum
  - WC cubluk
  - Kebun
  - Sungai/empang
22. Selama Bapak/Ibu tinggal disini, penyakit apa yang diderita
- Diare/mencret
  - ISPA/penyakit pernapasan

- c. Penyakit kulit/gatal-gatal
  - d. Lainnya (flu, batuk, pilek)
23. Intensitas sakit selama satu tahun terakhir
- a. Sering
  - b. Kadang-kadang
  - c. Jarang
  - d. Tidak pernah
24. Bila salah seorang anggota keluarga di rumah ada yang sakit. Bagaimana upaya pengobatannya?
- a. Membeli obat sendiri
  - b. Berobat ke dokter/klinik
  - c. Berobat ke puskesmas
  - d. Berobat ke mantri
25. Penyebab penyakit berasal dari:
- a. Lingkungan kurang sehat
  - b. TPST Bantargebang
  - c. Aktivitas TPA liar
26. Bantuan pemerintah untuk mengatasi gangguan air:
- a. Memperoleh
  - b. Tidak memperoleh



## LAMPIRAN 5

### Contoh Regresi untuk Parameter SS

#### SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.325197516
R Square	0.105753425
Adjusted R Square	-0.117808219
Standard Error	17.98903776
Observations	6

#### ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	153.0780822	153.0780822	0.47303922	0.529399101
Residual	4	1294.421918	323.6054795		
Total	5	1447.5			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	37.69589041	13.99773083	2.693000092	0.05448822
Jarak Sumur	-0.031726027	0.046128265	0.687778464	0.5293991

### Contoh Regresi untuk Parameter Ammonia

#### SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.148535694
R Square	0.022062853
Adjusted R Square	-0.222421434
Standard Error	0.052638597
Observations	6

#### ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.000250046	0.000250046	0.090242415	0.778835019
Residual	4	0.011083288	0.002770822		
Total	5	0.011333333			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0.153808219	0.04095944	3.755134803	0.019858438
Jarak Sumur	-4.05479E-05	0.000134978	0.300403754	0.778835019

Contoh Regresi untuk Parameter Nitrit

SUMMARY  
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.369850025
R Square	0.136789041
Adjusted R Square	-0.079013699
Standard Error	0.021203515
Observations	6

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.000284977	0.000284977	0.633861467	0.470520677
Residual	4	0.001798356	0.000449589		
Total	5	0.002083333			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0.037150685	0.016496998	2.251693438	0.087480965
Jarak Sumur	4.32877E-05	5.4371E-05	0.796154173	0.470520677

Contoh Regresi untuk Parameter Nitrat

SUMMARY  
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.288639354
R Square	0.083312677
Adjusted R Square	-0.145859154
Standard Error	5.004235193
Observations	6

## ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	9.103853881	9.103853881	0.363538033	0.579064628
Residual	4	100.1694795	25.04236986		
Total	5	109.2733333			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	13.06794521	3.89392352	3.355984045	0.028410518
Jarak Sumur	0.007736986	0.012832075	0.602941152	0.579064628

## Contoh Regresi untuk Parameter Besi

SUMMARY  
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.387855857
R Square	0.150432166
Adjusted R Square	-0.061959793
Standard Error	1.165438362
Observations	6

## ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.962013699	0.962013699	0.708276182	0.447389213
Residual	4	5.432986301	1.358246575		
Total	5	6.395			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5.199726027	0.906857427	5.733785571	0.004582245
Jarak Sumur	-0.002515068	0.002988467	0.841591458	0.447389213