



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KEBERADAAN TPA CIPAYUNG DEPOK
TERHADAP KUALITAS SUMBER AIR BERSIH DI WILAYAH
PEMUKIMAN SEKITARNYA
(DENGAN PARAMETER BESI DAN MANGAN)**

SKRIPSI

AYU ERLINNA

0806459394

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE EFFECT OF TPA CIPAYUNG DEPOK PRESENCE TO
WATER RESOURCE QUALITY IN SURROUNDING
RESIDENTIAL AREAS
(WITH PARAMETERS OF IRON AND MANGANESE)**

FINAL REPORT

AYU ERLINNA

0806459394

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KEBERADAAN TPA CIPAYUNG DEPOK
TERHADAP KUALITAS SUMBER AIR BERSIH DI WILAYAH
PEMUKIMAN SEKITARNYA
(DENGAN PARAMETER BESI DAN MANGAN)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Lingkungan**

**AYU ERLINNA
0806459394**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE EFFECT OF TPA CIPAYUNG DEPOK PRESENCE TO
WATER RESOURCE QUALITY IN SURROUNDING
RESIDENTIAL AREAS
(WITH PARAMETERS OF IRON AND MANGANESE)**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**AYU ERLINNA
0806459394**

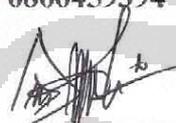
**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Ayu Erlinna

NPM : 0806459394

Tanda Tangan : 

Tanggal : 04 Juli 2012

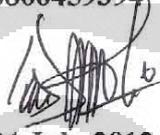
STATEMENT OF ORIGINALITY

**This final report is the result of my own work
and all sources which are quoted or referred**

I have stated correctly.

Name : Ayu Erlinna

Student Number : 0806459394

Signature : 

Date : 04 July 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ayu Erlinna

NPM : 0806459394

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul Skripsi : Pengaruh Keberadaan TPA Cipayang Terhadap Kualitas Sumber Air Bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya (Dengan Parameter Besi dan Mangan)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng (.....)

Pembimbing 2 : Dr. Nyoman Suwartha, ST.,MT., M.Ag (.....)

Penguji 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng, Ph.D. (.....)

Penguji 2 : Ir Irma Gusniani, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 04 Juli 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :

Name : Ayu Erlinna

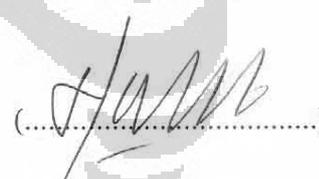
Student Number : 0806459394

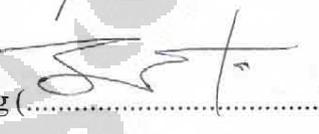
Study Program : Environmental Engineering

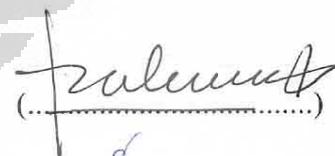
Title of Final Report : The Effect of TPA Cipayung Depok Presence to Water Resource Quality in Surrounding Residential Areas (With Parameters of Iron and Manganese)

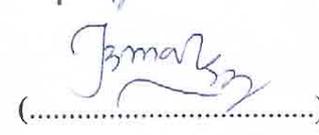
Has been successfully defended in front of the Examiners and was accepted as part of the necessary requirements to obtain Engineer Bachelor Degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

COUNCIL EXAMINERS

Conselor I : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng (..........)

Conselor II : Dr. Nyoman Suwartha, ST.,MT., M.Ag (..........)

Examiner I : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng, Ph.D. (..........)

Examiner II : Ir Irma Gusniani, M.Sc (..........)

Approved at : Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
University of Indonesia, Depok

Date : July 4th 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng
Selaku pembimbing 1 dan juga kepala Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Nyoman Suwartha, ST.,MT., M.Agr
Selaku pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
3. Tim Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia yang telah memberikan pengetahuan dan ilmu yang sangat berharga selama jenjang pendidikan yang ditempuh Penulis;
4. Pak Denny Wahyu selaku kepala TPA Cipayung Depok dan seluruh pegawai lainnya yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan dataserta informasi yang diperlukan untuk penyelesaian skripsi;
5. Mbak Sri Diah Handayani dan Mbak Licka Kamaladewi selaku laboran laboratorium yang telah meluangkan waktunya untuk membantu penulis didalam pengujian sampel;
6. Kedua orang tua saya yang saya hormati dan sayangi atas segala perhatian, dukungan, dan bantuan moral serta material yang tak ternilai harganya
7. Ayu Erlinda yang telah memberikan motivasi dan doa dalam penyelesaian skripsi ini;

8. Seluruh sahabat dan teman- teman Teknik Sipil dan Lingkungan UI 2008 atas seluruh dukungan, semangat, dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata semoga Allah SWT membalas setiap kebaikan dari setiap pihak yang membantu terselesaikanya penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Erlinna
NPM : 0806459394
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Keberadaan TPA Cipayang Depok Terhadap Kualitas Sumber Air Bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya (Dengan Parameter Besi dan Mangan)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 04 Juli 2012
Yang menyatakan



(Ayu Erlinna)

**STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Ayu Erlinna
Sutudent Number: 0806459394
Study Program : Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

The Effect of TPA Cipayung Depok Presence to Water Resource Quality in Surrounding Residential Areas (With Parameters of Iron and Manganese)

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok
Date this : July 4th, 2012

The Declarer



(Ayu Erlinna)

ABSTRAK

Nama : Ayu Erlinna
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pengaruh Keberadaan TPA Cipayung Depok Terhadap Kualitas Sumber Air Bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya (Dengan Parameter Besi dan Mangan)

Depok merupakan salah satu kota yang sebagian penduduknya masih menggunakan air bersih sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya. Hal ini dikarenakan PDAM Kahuripan yang merupakan milik kota Bogor belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat Depok secara menyeluruh. Tidak terkecuali masyarakat di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung Depok, mereka menggunakan air bersih untuk kegiatan sehari-hari tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Air bersih yang masih alami tanpa gangguan akibat kegiatan manusia kualitasnya belum tentu bagus. Terlebih lagi air bersih yang sudah tercemar oleh kegiatan manusia, salah satunya adalah pembuangan limbah padat ke area *landfill*. Penelitian pada air bersih ini dilakukan di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung Depok dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari keberadaan TPA Cipayung Depok terhadap kualitas air bersih di wilayah sekitarnya. Pada penelitian ini parameter yang diteliti adalah besi, mangan, suhu, pH, dan DO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter besi dan mangan yang telah diperiksa berada di bawah baku mutu PP No 82 th. 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Hal ini menandakan bahwa keberadaan TPA Cipayung Depok tidak menurunkan kualitas air bersih di wilayah sekitarnya karena kondisi fisik TPA Cipayung, kegiatan operasional, serta sarana penunjang yang mampu mencegah terjadinya pencemaran terhadap air bersih.

Kata kunci:
air bersih, TPA Cipayung, besi, mangan

ABSTRACT

Nama : Ayu Erlinna
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : The Effect of TPA Cipayung Depok Presence to Water Resource Quality in Surrounding Residential Areas (With Parameters of Iron and Manganese).

Depok is a city that most people still use groundwater as a source of water to meet daily needs. This is because the PDAM Kahuripan which is owned by the city of Bogor has been unable to meet the needs of society as a whole Depok. No exception to the public in residential areas around the landfill Cipayung Depok, they use ground water for their daily activities without prior processing. Pristine groundwater without interference from human activities is not necessarily good quality. Moreover groundwater contaminated by human activities, one of which is the disposal of solid waste to the landfill area. Research on ground water was conducted in residential areas around the landfill Cipayung Depok in order to determine the effect of the presence of TPA Cipayung Depok on the quality of groundwater in the surrounding area. In this study the parameter studied were iron, manganese, temperature, pH, and DO. The results showed that iron and manganese parameters that have been examined under the quality standard PP 82 th. 2001 on Water Quality Management and Air Pollution Control. This indicates that the presence of TPA Cipayung Depok not degrade groundwater quality in the surrounding area due to the physical condition of the landfill Cipayung, operational activities, as well as supporting facilities are able to prevent contamination of ground water.

Keywords:
groundwater, TPA Cipayung, iron, manganese

DAFTAR ISI

Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Statement of Legitimation.....	iv
Halaman Pengesahan	v
Statement of Aggrement	vi
Kata Pengantar	vii
Publikasi Tugas Akhir Untuk Kepentingan Akademis	ix
Abstrak	xi
Abstract	xii
Daftar Isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel	xvi
Daftar Lampiran	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	4
1.2.1 Rumusan Permasalahan	4
1.2.2 Pertanyaan Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Permasalahan	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sumber Air.....	7
2.2 Persyaratan Kualitas Air bersih.....	10
2.2.1 Suhu	11
2.2.2 pH.....	12
2.2.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	14
2.2.4 Mangan	16
2.2.5 Besi	19
2.3 Limbah Padat	24
2.3.1 Timbulan dan Komposisi Limbah Padat.....	24
2.3.2 Sumber Limbah Padat.....	25
2.3.3 Kriteria Pemilihan Lokasi Pembuangan Limbah Padat	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Kerangka Konsep Penelitian.....	29
3.2 Hipotesa Penelitian	29
3.3 Variabel Penelitian.....	31
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.5 Populasi dan Sampel	32
3.5.1 Populasi.....	32
3.5.2 Sampel.....	33
3.5.3 Ukuran Sampel.....	33
3.5.4 Waktu dan Metode Pengambilan Sampel	34

3.5.5 Alat Pengambilan Sampel.....	35
3.6 Metode Pengukuran	36
3.7 Pengolahan dan Analisa Data	37
BAB 4. GAMBARAN UMUM TPA CIPAYUNG DEPOK	38
4.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan TPA Cipayung.....	38
4.2 Kondisi Fisik TPA Cipayung Depok	39
4.3 Volume dan Karakteristik Sampah TPA Cipayung Depok	41
4.4 Sarana Pengendalian Pencemaran TPA Cipayung Depok.....	43
4.5 Kegiatan Operasional TPA Cipayung Depok.....	43
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
5.1 Analisa Kualitas Air bersih	46
5.1.1 Parameter pH	47
5.1.2 Parameter Suhu	50
5.1.3 Parameter DO.....	53
5.1.4 Parameter Mangan	56
5.1.5 Parameter Besi	59
5.2 Analisa Pengaruh keberadaan TPA Cipayung terhadap Kualitas Air bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya.....	64
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN 1	71
LAMPIRAN 2	74
LAMPIRAN 3.....	75

DAFTAR GAMBAR

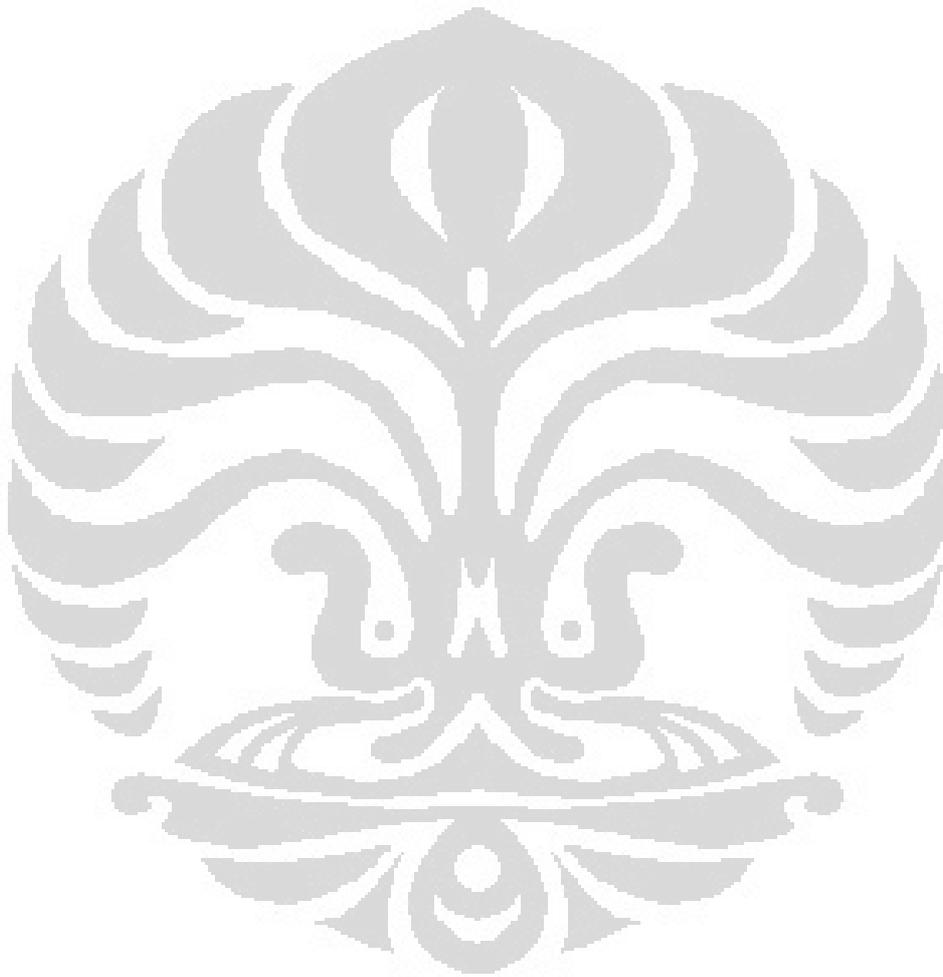
Gambar 2.1 Siklus Hidrologi Sumber Air bersih.....	7
Gambar 2.2 Aktivitas Tata Guna Lahan yg Berpotensi Mencemari Air bersih.....	9
Gambar 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Dalam Perairan.....	11
Gambar 2.4 Rentang Nilai pH Air.....	13
Gambar 2.5 Grafik Kelarutan Oksigen di Air Pada Kondisi 1 atm.....	14
Gambar 2.6 Bakteri Besi gallionella & Leptothorix.....	22
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Lokasi dan Titik Sampling Penelitian.....	32
Gambar 3.3 Cara Pengambilan Contoh Untuk Pemeriksaan Air dari Keran.....	35
Gambar 3.4 Botol Plastik Untuk Mengambil Sampel Air.....	36
Gambar 4.1 Lokasi TPA Cipayung.....	38
Gambar 4.2 Pembagian Zona TPA Cipayung Depok.....	39
Gambar 4.3 Peta Jenis Tanah Kota Depok.....	40
Gambar 4.4 Peta Kontur Wilayah TPA Cipayung Depok.....	41
Gambar 4.5 Skema Kegiatan Operasional TPA Cipayung.....	44
Gambar 5.1 Perubahan Nilai pH Terhadap Jarak.....	48
Gambar 5.2 Perubahan Nilai Suhu Terhadap Jarak.....	51
Gambar 5.3 Perubahan Nilai DO Terhadap Jarak.....	53
Gambar 5.4 Hubungan Antara Suhu Dengan DO Air bersih.....	55
Gambar 5.5 Perubahan Nilai Mangan Terhadap Jarak.....	57
Gambar 5.6 Perubahan Nilai Besi Terhadap Jarak.....	60
Gambar 5.7 Hubungan Antara DO, besi, dan Mangan.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas.....	10
Tabel 2.2 Baku Mutu Suhu Berdasarkan PP No 82 Th 2001	12
Tabel 2.3 Baku Mutu pH Berdasarkan PP No 82 Th 2001	14
Tabel 2.4 Baku Mutu <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) Berdasarkan PP No 82 Th 2001	15
Tabel 2.5 Baku Mutu Mangan Berdasarkan PP No 82 Th 2001.....	16
Tabel 2.6 Baku Mutu Besi Berdasarkan PP No 82 Th 2001.....	20
Tabel 2.7 Ketersediaan Material Terlarut Dalam Air bersih.....	21
Tabel 2.8 Kegunaan Besi dalam Kehidupan Sehari-hari	22
Tabel 2.9 Besar Timbulan Limbah Padat Berdasarkan Komponen Sumber	25
Tabel 2.10 Tipe Limbah Padat Berdasarkan Fasilitas, Aktifitas, Lokasi, dan Sumber Limbah Padat	25
Tabel 2.11 Karakteristik Jenis Tanah.....	27
Tabel 2.12 Porositas dan Angka Kelolosan dari Material Geologi.....	28
Tabel 3.1 Waktu Pengambilan Sampel	32
Tabel 3.2 Jumlah Pemukiman Kecamatan Cipayung	33
Tabel 3.3 Variasi Lokasi Titik Sampling	34
Tabel 3.4 Metode Pengukuran Parameter	36
Tabel 4.1 Komposisi Sampah TPA Cipayung	42
Tabel 4.2 Rincian Perhitungan Sampah yang Masuk TPA Cipayung/ hari.....	42
Tabel 4.3 sarana Pengendalian Pencemaran TPA Cipayung Depok.....	43
Tabel 5.1 Data Hasil Pengukuran Kualitas Air bersih Wilayah Pemukiman Sekitar TPA Cipayung	46
Tabel 5.2 Analisa Deskriptif	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	71
Lampiran 2	74
Lampiran 3	75



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah padat menjadi salah satu permasalahan utama di berbagai daerah, tidak terkecuali di kota Depok yang saat ini masuk kedalam kategori kota sedang. Spesifikasi timbulan limbah padat untuk kota kecil dan sedang di Indonesia menurut standar SK. SNI S – 04 – 1991 adalah antara 2,75 – 3,25 lt/org/hari dikalikan dengan jumlah penduduk Depok sebesar 1.420.480 jiwa (Depok.go.id) diperkirakan total limbah padat yang dihasilkan sekitar 3.764 m³ limbah padat per hari.

Limbah padat residu yang sudah tidak dapat diolah ataupun dimanfaatkan oleh masyarakat kota Depok akan masuk ke *sanitary landfill* kota Depok, yakni Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cipayung. TPA ini terletak di Kecamatan Cipayung Kota Depok, memiliki luas lahan sebesar 11,2 hektar dengan tiga zona pembuangan. Kondisi zona C telah kelebihan beban sehingga saat ini sudah ditutup karena sudah tidak mampu menampung limbah padat lagi, zona B mengalami kerusakan sehingga tidak dapat digunakan secara maksimal sebagai tempat pembuangan akhir, dan zona A merupakan zona yang saat ini paling utama digunakan oleh pemerintah kota Depok sebagai Tempat Pemrosesan akhir.

Keberadaan Tempat Pemrosesan Akhir atau TPA diidentifikasi sebagai salah satu sumber utama pencemar terhadap sumber daya air bersih. Area di sekitar TPA memiliki kemungkinan besar untuk terkontaminasi akibat dari potensi sumber pencemar yang meresap kedalam tanah (USEPA, 1984). Berdasarkan studi yang pernah dilakukan di *Landfill* Lagos Nigeria, menunjukkan bahwa logam seperti besi dan mangan terkandung dalam air bersih dengan kadar berlebihan akibat pengoperasian *landfill* tersebut (Ogundiran and Afolabi, 2008). Hal ini diperkuat lagi dengan pernyataan Freeze & Cherry (1979) yang menyatakan bahwa *landfill* yang mengandung limbah padat yang dipadatkan secara berturut-turut kemungkinan dapat mencemari air bersih disekitarnya apabila tidak dikelola dengan baik dan benar.

Besi dan mangan merupakan logam yang sering ditemui keberadaannya secara alamiah di bebatuan, tanah, dan air. Namun tidak jarang kedua logam ini berasal dari aktivitas manusia, antara lain limbah baterai, kaleng susu, korek api, pelapis, dan lainnya. Besi dan mangan pada dasarnya diperlukan oleh tubuh dengan standar konsentrasi maksimal dalam air bersih yang diperbolehkan adalah sebesar 0,3 mg/l untuk besi dan 1 mg/l untuk mangan berdasarkan PP No 82 Th 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air peruntukkan air kelas I, yakni sebagai sumber air yang dapat dikonsumsi. Selain berpengaruh terhadap kesehatan manusia, konsentrasi besi dan mangan yang terlalu tinggi di dalam air bersih dapat berakibat buruk terhadap sistem *engineering* termasuk didalamnya sistem perpipaan, yaitu menyebabkan pengoratan dalam pipa dan pada akhirnya berdampak terhadap biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Konsentrasi besi dan mangan terlarut di dalam air bersih dapat diprediksi oleh beberapa parameter kualitas air, diantaranya adalah suhu, pH dan oksigen terlarut (DO). Ketiga parameter ini berpengaruh terhadap reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam air bersih sehingga ikut menentukan besarnya perubahan konsentrasi besi dan mangan di dalam air bersih. Freeze & Cherry (1979) menyatakan bahwa semakin cepat molekul air bergerak maka akan semakin banyak energi yang dihasilkan yang kemudian akan meningkatkan suhu air tersebut. Energi yang dihasilkan dapat berupa proses reduksi dan oksidasi besi dan mangan untuk membuat kedua material ini terlarut di dalam air bersih. Semakin besar energi yang dihasilkan menandakan bahwa laju oksidasi di dalam air semakin meningkat pada suhu tinggi dan beban oksigen pun ikut meningkat sehingga menurunkan kelarutan oksigen di dalam air bersih dan pada akhirnya akan berpengaruh juga terhadap kesetimbangan ion hidrogen di dalam air bersih tersebut.

Sumber air bersih yang berasal dari PDAM tidak melayani keseluruhan masyarakat Depok, dari sebelas cabang pelayanan PDAM Kahuripan, kota Depok hanya dilayani oleh empat cabang pelayanan. Kecamatan Cipayung dan Sukmajaya dilayani sekaligus oleh Cabang Pelayanan II PDAM Kahuripan. Hal ini membuat masyarakat yang berada di Kecamatan Cipayung khususnya di

sekitar TPA Cipayung sebagian besar menggunakan air bersih untuk keperluan sehari-hari mereka. Air bersih yang digunakan oleh warga merupakan air bersih permukaan atau air bersih dangkal dengan menggunakan sumur pompa yang memiliki kedalaman < 40 m.

Air bersih yang masih alami tanpa gangguan akibat kegiatan manusia kualitasnya belum tentu bagus. Terlebih lagi air bersih yang sudah tercemar oleh kegiatan manusia, kualitasnya akan semakin menurun. Salah satu kegiatan manusia yang dapat mencemari kualitas air bersih adalah pembuangan limbah padat ke area *landfill* (Freeze & Cherry, 1979). Penelitian mengenai pemeriksaan kualitas air bersih di sekitar area *landfill* pernah dilakukan oleh Balogun & Longe (2009). Mereka melakukan penelitian terhadap kualitas air bersih di wilayah sekitar *landfill* Lagos di Nigeria dengan parameter yang diperiksa adalah kualitas fisik, kimiawi serta kandungan logam berat di dalam air bersih tersebut dan dilakukan dengan variasi jarak secara horizontal dari lokasi *landfill*. Hasil dari penelitian menyatakan bahwa nilai rata-rata (*mean*) parameter kualitas air bersih yang diperiksa berada di bawah standar baku mutu WHO dan standar kualitas air Nigeria, kecuali parameter NO_3^- , PO_4^{+} dan Cr^- .

Untuk TPA Cipayung sendiri, terdapat tiga buah sumur pantau yang berlokasi di sekitar masing-masing zona dan digunakan untuk memantau kualitas air bersih di sekitar TPA Cipayung. Pemeriksaan kualitas sumur pantau ini dilakukan untuk keseluruhan parameter air bersih oleh Dinas Kesehatan Pemerintah Kota Depok. Data pada bulan april tahun 2011 menunjukkan bahwa pada sumur pantau 1 (dekat dengan zona A) keseluruhan parameter memiliki nilai di bawah baku mutu Permenkes RI No. 416 tahun 1990, kecuali parameter besi dan mangan memiliki nilai 2,32 mg/l dan 2,58 mg/l sedangkan nilai baku mutunya adalah 1 mg/l untuk besi dan 0,5 mg/l untuk mangan.

Pemeriksaan kualitas air pada sumur pantau yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Pemerintah Kota Depok tersebut mendasari latar belakang diperlukannya pemeriksaan kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung khususnya dengan parameter besi dan mangan. Hal ini dikarenakan hasil pemeriksaan kualitas sumur pantau 1 yang berlokasi di dekat zona A menunjukkan bahwa konsentrasi besi dan mangan diatas baku mutu dan juga

mengingat bahwa umur TPA Cipayung yang relatif tua, yaitu sekitar 28 tahun dengan awal pengoperasian sejak tahun 1984 (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011) sehingga berpotensi untuk mencemari kualitas air bersih di sekitarnya.

1.2 Permasalahan

1.2.1 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang dapat diidentifikasi berdasarkan latar belakang tersebut adalah:

1. Residu limbah padat yang masuk ke *landfill* dan mengalami pemadatan secara terus menerus berpotensi mencemari air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung.
2. Kualitas air bersih di sekitar TPA Cipayung berpotensi mengandung unsur besi dan mangan melebihi baku mutu

1.2.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan pembatasan masalah tersebut dapat diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung dengan parameter besi dan mangan?
2. Bagaimana hubungan parameter suhu, DO, dan pH terhadap konsentrasi besi dan mangan dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung?
3. Bagaimana pengaruh keberadaan TPA Cipayung terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian yang ada maka dirumuskan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas air dengan parameter besi dan mangan di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung
2. Mengetahui pengaruh keberadaan TPA Cipayung terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung.

3. Mengetahui hubungan antara parameter suhu, pH dan DO terhadap konsentrasi besi dan mangan dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung.

1.4 Batasan Permasalahan

Adapun masalah dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Kualitas air yang diteliti berasal dari air bersih yang digunakan penduduk di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung yang meliputi parameter besi, mangan, suhu, DO, dan pH.
2. Pemukiman yang dipilih adalah yang menggunakan air bersih dangkal sebagai sumber air bersih dalam kegiatan sehari-hari
3. Penelitian ini akan dilakukan di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung, Kecamatan Cipayung, Depok, Jawa Barat.
4. Pengambilan sampel dilakukan dengan variasi jarak dengan rentang jarak 50 m untuk tiap lokasi sampel.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, masukan serta informasi kepada pemerintah daerah, instansi terkait, dan masyarakat sekitar lokasi TPA yang menggunakan air bersih, setelah mengetahui kualitas air bersih dapat melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap air bersih sebelum dimanfaatkan atau mengambil sumber air bersih.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, rumusan permasalahan, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, batasan penelitian, dan manfaat penelitian

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori yang mendasari dan mendukung penelitian ini, yaitu meliputi sumber air, persyaratan kualitas air bersih serta penjelasan mengenai parameter yang digunakan pada penelitian yakni suhu, pH, DO, besi, dan mangan. Selanjutnya adalah teori mengenai limbah padat, mulai dari timbulan, komposisi, hingga ke persyaratan dalam menentukan lokasi pembangunan TPA di suatu wilayah.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian, mulai dari kerangka penelitian, hingga penjelasan untuk tiap tahapan penelitian yang berawal dari pengumpulan data, pengolahan dan analisa data menggunakan rumus statistik sederhana.

BAB 4 GAMBARAN UMUM TPA CIPAYUNG DEPOK DAN WILAYAH SEKITAR

Berisi tentang penjelasan mengenai kondisi fisik serta geografis TPA Cipayung Depok dan wilayah sekitarnya serta penjelasan tentang volume dan komposisi limbah padat yang berada di area *landfill* TPA Cipayung.

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data dan grafik hasil penelitian yang kemudian dianalisa secara kuantitatif dan dibandingkan hasilnya dengan baku mutu pemerintah yakni PP No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

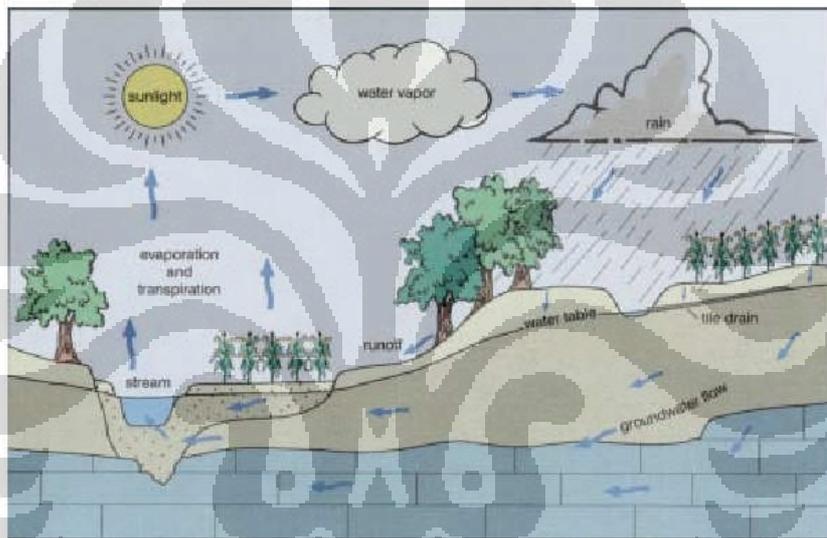
Berisi tentang jawaban dari pertanyaan penelitian yang diajukan di awal penelitian serta saran yang diperlukan terhadap keberadaan TPA Cipayung Depok.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SUMBER AIR

Air di planet kita tersedia di atmosfer, lautan, permukaan tanah, dan juga di dalam tanah. Kelembaban bersirkulasi dari bumi menuju ke atmosfer melalui proses evaporasi dan kembali lagi ke bumi melalui proses presipitasi. Siklus tersebut dinamakan sebagai siklus hidrologi, sehingga air dikonservasikan dalam berbagai bentuk (David Keidh Todd, 1980).



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi Sumber Air bersih

Sumber: Departemen Sumber Daya Alam Iowa, 2003

a) Air Hujan

Air di bumi secara terus menerus mengalami sirkulasi berupa proses penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Tidak semua air hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan di mana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui daun-daun ke permukaan tanah (David Keidh Todd, 1980).

Adanya kesempatan kontak dengan benda dan atau makhluk hidup di bumi, menyebabkan kualitas hujan air berubah mutunya berdasarkan tempat dan waktu. Air hujan dapat langsung dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber air, namun air hujan yang jatuh ke bumi hanya mengandung sedikit unsur mineral terlarut selain itu pula tak jarang kualitas air hujan buruk akibat kondisi udara yang telah tercemar sehingga air hujan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan.

b) Air Permukaan

Berdasarkan UU No 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, air permukaan didefinisikan sebagai air yang berada di permukaan tanah dan dapat dengan mudah dilihat oleh mata kita . Contoh air permukaan seperti laut, sungai, danau, kali, rawa, dan lain sebagainya. Air permukaan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

- Perairan Darat
Perairan darat adalah air permukaan yang berada di atas daratan misalnya seperti rawa-rawa, danau, sungai, dan lain sebagainya.
- Perairan Laut
Perairan laut adalah air permukaan yang berada di lautan luas.

c) Air bersih

Terdapat banyak pengertian atau definisi mengenai air bersih, Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air mendefinisikan air bersih sebagai air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Sementara definisi lainnya adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase dengan pemompaan atau dapat juga disebut aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan (Freeze & Cherry, 1979).

Air bersih mempunyai tiga fungsi bagi manusia (Toth, 1990 dalam Manajemen Air bersih, KemenESDM, 2010) yaitu:

- Sebagai sumber alam yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia
- Bagian dari hidrologi dalam tanah yang mempengaruhi keseimbangan siklus hidrologi global

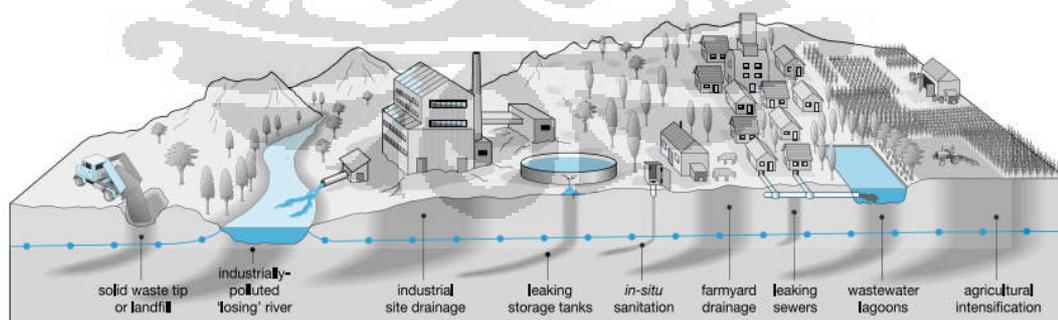
- Sebagai anggota/ agen dari geologi

Terdapat dua sumber utama dari air bersih (KemenESDM, 2010) yaitu:

- Air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui pori-pori atau retakan dalam formasi batuan dan akhirnya mencapai muka air bersih
- Air dari aliran air permukaan seperti sungai, danau, dan reservoir yang meresap melalui tanah ke dalam lajur jenuh.

Air bersih yang masih alami tanpa gangguan akibat kegiatan manusia, kualitasnya belum tentu bagus. Terlebih lagi air bersih yang sudah tercemar oleh aktivitas manusia, kualitasnya akan semakin menurun. Beberapa sumber pencemaran yang menyebabkan menurunnya kualitas air bersih (Freeze & Cherry, 1979) yaitu:

1. Limbah padat dari TPA
2. Pembuangan limbah ke tanah
3. Kegiatan pertanian
4. Tumpahan minyak
5. Pembuangan limbah radioaktif
6. Pembuangan limbah cair pada sumur dalam, dll.



Gambar 2.2 Aktivitas Tata Guna Lahan Yang Berpotensi Mencemari Air bersih

Sumber: Foster et al, 2006 Dalam *Groundwater Quality Protection*, World Bank, 2006

2.2 PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

Air bersih merupakan salah satu sumber air bersih yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan hidupnya sehingga diperlukan suatu batasan atau baku mutu mengenai kualitas air bersih agar pemanfaatan air bersih tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat ataupun dampak negatif terhadap lingkungan yang menimbulkan kerugian secara finansial, seperti korosif terhadap material logam akibat penggunaan air bersih yang mengandung konsentrasi besi cukup tinggi.

Baku mutu yang dapat dijadikan sebagai landasan baku mutu kualitas air bersih adalah PP Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. PP No 82 Tahun 2001 ini mengklasifikasikan kualitas air kedalam empat kelas berdasarkan peruntukkan air tersebut, berikut pengklasifikasian kriteria mutu air berdasarkan kelas:

Tabel 2.1 Klasifikasi Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Kelas	Peruntukkan
I	Dapat digunakan untuk baku air minum, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
II	Dapat digunakan untuk prasarana/ sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
III	Dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
IV	Dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Sumber: PP No 82 Th. 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Berikut pembahasan mengenai parameter kualitas air bersih yang diteliti pada saat penelitian dengan nilai baku mutu masing-masing parameter berdasarkan PP No 82 Tahun 2001:

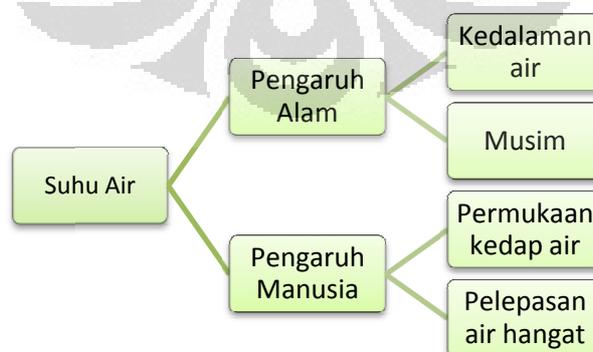
2.2.1 Suhu

Aktivitas biologis dalam perairan sebagian besar dipengaruhi oleh suhu, termasuk juga konstituen kualitas air (seperti oksigen terlarut, *suspended solid*, pH, nutrisi ataupun logam). Mengukur suhu air merupakan cara yang paling mudah dan termasuk murah untuk memeriksa kondisi suatu perairan (Deas & Lowney, 2000).

Suhu air adalah pengukuran pergerakan rata-rata molekul energi (H_2O) yaitu rata-rata jumlah energi yang dihasilkan dari pergerakan molekul air. Semakin cepat molekul air bergerak maka akan semakin banyak energi yang dihasilkan dan semakin banyak energi yang dihasilkan akan meningkatkan suhu air tersebut. Suhu diekspresikan dalam derajat Celcius ($^{\circ}C$) atau dalam Kelvin (K). Skala Celcius diartikan berdasarkan titik didih dan beku dari air. Satu derajat kenaikan suhu Celcius sama dengan kenaikan suhu Kelvin sebesar satu derajat (Deas & Lowney, 2000).

Pengaruh suhu didalam perairan cukup penting. Suhu air yang terlalu rendah dapat menyebabkan menurunnya proses metabolis, menurunkan laju fotosintesis tanaman, mengubah waktu alamiah dari reproduksi dan migrasi banyak spesies perairan, dan juga mengubah distribusi geografis spesies perairan. Sedangkan terlalu tingginya suhu perairan dapat memicu ketersediaan oksigen terlarut menjadi rendah dan juga membuat beberapa bahan seperti amonia lebih bersifat racun pada kehidupan perairan (Deas & Lowney, 2000).

Perubahan suhu dari perairan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, terlihat pada skema berikut:



Gambar 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Dalam Perairan

Sumber: Deas & Lowney, 2000

Mengacu kepada PP No 82 Tahun 2001, suhu merupakan salah satu parameter fisika dari air yang dapat menentukan kualitas suatu perairan. Suhu dalam suatu perairan mempengaruhi proses kelarutan akan logam-logam berat yang masuk ke perairan. Dalam hal ini semakin tinggi suatu suhu perairan akan meningkatkan laju reaksi di dalam perairan tersebut dan pada akhirnya meningkatkan kelarutan logam berat di dalamnya.

Untuk baku mutu suhu air dalam peraturan menurut PP No 82 Tahun 2001 tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Baku Mutu Suhu berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Suhu	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi suhu dari keadaan alamiah

Sumber: PP No 82 Th 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Keadaan alamiah suhu dari keadaan alamiah memiliki pengertian sebagai deviasi dari suhu udara di lingkungan sekitar lokasi pemeriksaan.

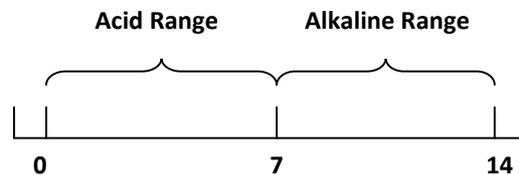
2.2.2 pH

pH merupakan suatu nilai yang secara universal digunakan untuk mengekspresikan intensitas dari asam atau kondisi alkaline dalam suatu larutan sehingga nilai pH di perairan menggambarkan mengenai aktivitas konsentrasi ion hidrogen di dalam perairan tersebut. Pada instalasi pengolahan air bersih, pH air merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam proses koagulasi kimiawi, desinfeksi, penghilangan kesadahan, dan pengontrolan korosi (Sawyer et al, 2003). Untuk itulah nilai pH dalam suatu perairan harus diperhatikan agar konsentrasinya tidak berdampak negatif terhadap pemanfaatan air tersebut.

Pada tahun 1887 Arrhenius mengumumkan teori mengenai ionisasi, sejak saat itulah asam dianggap sebagai material yang terpisah dari ion hidrogen atau proton, dan mendasari penganggapan sebagai suatu material yang terpisah dari ion hidroksida. Berdasarkan konsep Arrhenius tersebut, asam kuat dan turunannya dapat diionisasi dengan tinggi sedangkan asam basah dan turunannya diionisasi

dengan rendah pada suatu perairan. Pada suhu normal sekitar 25°C, kondisi pH dalam perairan adalah sebagai berikut (Sawyer et al, 2003):

$$\{H^+\} \{OH^-\} = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$



Gambar 2.4 Rentang Nilai pH Air

Sumber: Sawyer et al, 2003

Saat asam ditambahkan kedalam air, asam tersebut berionisasi di dalam air dan mengakibatkan peningkatan aktivitas ion hidrogen, dengan demikian aktivitas tersebut menurunkan tingkat kekuatan dari keseimbangan ionisasi. Sebagai contoh, bila ditambahkan asam untuk meningkatkan dalam air hingga meningkatkan $\{H^+\}$ menjadi 10^{-1} akan membuat nilai $\{OH^-\}$ menjadi 10^{-13} . Hal ini menandakan bahwa nilai $\{OH^-\}$ dan $\{H^+\}$ dalam perairan tidak akan berkurang hingga nilai nol meskipun air tersebut sangat asam ataupun sangat basa (Sawyer et al, 2003).

Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001, pH merupakan salah satu parameter kimia anorganik dalam kriteria mutu air sehingga nilai pH dalam suatu perairan harus sesuai dengan baku mutu agar pemanfaatan air sesuai dengan peruntukkan yang diperbolehkan, berikut nilai baku mutu pH mengacu keada PP No 82 Tahun 2001:

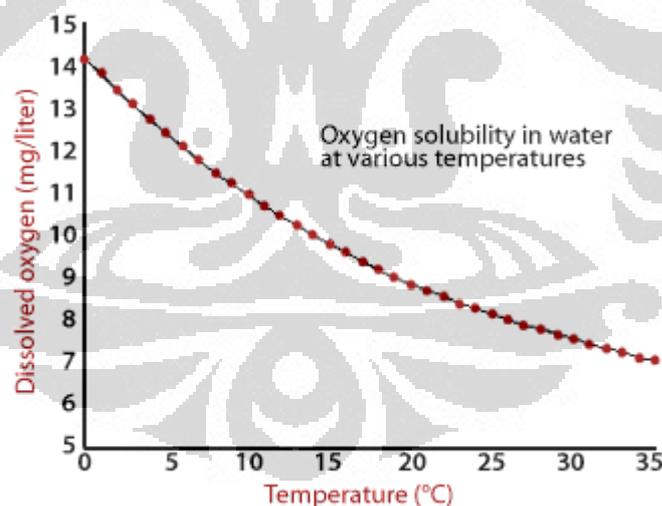
Tabel 2.3 Baku Mutu pH Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah

Sumber: PP No 82 Th 2001 Tentang Pegelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

2.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Seluruh gas di dalam atmosfer bersifat larut (*soluble*) di air pada derajat-derajat tertentu. Nitrogen dan oksigen merupakan dua jenis gas yang dikatakan sulit larut, hal ini dikarenakan mereka tidak bereaksi dengan air secara kimiawi melainkan bergantung secara langsung dengan tekanan parsial di dalam air tersebut. Kelarutan dari oksigen dan nitrogen sangat bergantung kepada suhu sistem di air, seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini (Sawyer et al, 2003):



Gambar 2.5 Grafik Kelarutan Oksigen di Air Pada Kondisi 1 atm

Sumber: Sawyer et al, 2003

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara nilai suhu dan oksigen terlarut (DO) pada saat tekanan 760 mm Hg (1atm). Nilai kelarutan oksigen di air tawar akan lebih tinggi dibandingkan di air asin. Kelarutan oksigen berada pada rentang 14,6 mg/l pada suhu 0°C hingga 7 mg/l pada suhu 35°C dibawah tekanan 1 atm.

Universitas Indonesia

Dikarenakan laju oksidasi biologis meningkat seiring kenaikan suhu, dan beban oksigen juga meningkat pada suhu tinggi maka kelarutan oksigen akan semakin rendah. Rendahnya kelarutan oksigen merupakan faktor utama yang membatasi kapasitas purifikasi dari air alami dan mengharuskan pengolahan limbah terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan kontaminan sebelum dibuang ke badan air penerima (Sawyer et al, 2003).

Air bersih mengandung udara terlarut akibat hasil dari beberapa kegiatan, antara lain sebagai berikut (Freeze & Cherry, 1979):

1. Pemaparan terhadap atmosfer bumi terutama infiltrasi kedalam lingkungan permukaan
2. Kontak dengan gas-gas di tanah selama proses infiltrasi melalui zona tak jenuh (*unsaturated zone*)
3. Produksi gas di bawah *water table* akibat reaksi kimia dan biokimiawi yang mencakup air bersih, mineral, bahan-bahan organik, dan aktivitas bakteri.

Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, DO merupakan salah satu parameter kimia anorganik yang terkandung di dalam air. Rentang nilai DO bervariasi untuk masing-masing peruntukkan penggunaan air, hal ini dikarenakan kebutuhan akan oksigen terlarut akan berbeda untuk setiap peruntukkan. Sebagai contoh adalah konsentrasi DO dalam air yang diperuntukkan untuk air minum memiliki nilai sekitar 6 mg/l sedangkan untuk perikanan sekitar 4 mg/l. Berikut nilai baku mutu DO menurut PP No 82 tahun 2001:

Tabel 2.4 Baku Mutu Dissolved Oxygen (DO) Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
DO	mg/l	6	4	3	0	Angka batas minimum

Sumber: PP No 82 Th 2001 Tentang Pegelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

2.2.4 Mangan

Mangan merupakan salah satu unsur kimiawi di dalam perairan yang dapat menyebabkan permasalahan serius terhadap masyarakat apabila konsentrasi yang terlarut di dalam air bersih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Permasalahan utama yang dihadapi adalah bagaimana mengontrol kualitas air bersih akibat perubahan musim dan perubahan kondisi bawah tanah itu sendiri. Perubahan biokimiawi yang terjadi didalam tanah dapat dapat menyebabkan reaksi-reaksi biologis didalam tanah tersebut dan pada akhirnya akan mempengaruhi kadar mangan didalam air bersih. Bentuk utama mangan yang terdapat di dalam tanah adalah mangan dioksida (MnO_2) yang mana bentuk ini sangat larut didalam air yang mengandung karbon dioksida (CO_2) (Sawyer et al, 2003).

Konsentrasi mangan dalam suatu perairan memiliki kaitan cukup erat terhadap kualitas perairan tersebut, maka diperlukan suatu standar atau batasan konsentrasi mangan terlarut dalam air agar pemanfaatan air secara berkontinu tidak menimbulkan pengaruh negatif baik terhadap kesehatan maupun bagi lingkungan. Di Indonesia salah satu peraturan yang mengatur tentang baku mutu konsentrasi mangan dalam air yang diperbolehkan digunakan adalah PP No 82 Tahun 2001. Berikut tabel mengenai baku mutu mangan menurut PP No 82 tahun 2001:

Tabel 2.5 Baku Mutu Mangan Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
Mangan	mg/l	1	-	-	-	

Sumber: PP No 82 Th 2001 Tentang Pegelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

2.2.4.1 Sumber Mangan

a) Alami

Mangan merupakan material yang terdapat dimana-mana di lingkungan ini, Diperkirakan sekitar 0,1 % dari kerak bumi. Mangan tidak terdapat secara alamiah sebagai suatu logam berat tetapi sebagai sebuah komponen yang mengandung lebih dari 100 mineral termasuk sulfida, oksida, karbonat, silikat, fosfat, dan borates. Bentuk mangan yang sering terdapat di alam adalah mangan

dioksida MnO_2 , mangan karbonat $MnCO_3$, mangan silikat, atau mangan tetroxide Mn_3O_4 . (NAS 1973, dalam *Concise International Chemical Assesment Document* 63, WHO 2005).

Mangan (Mn) merupakan suatu elemen alami yang biasa terdapat di dalam bebatuan, tanah, dan air. Batuan berkerak merupakan sumber utama dari mangan di atmosfer ini selain itu sumber lainnya adalah aktivitas gunung merapi, vegetasi, dan juga kebakaran hutan. Untuk sumber mangan di tanah sebagian besar berasal dari batuan berkerak dan sumber lainnya hasil limpasan pencucian pabrik dan permukaan lainnya, rembesnya jaringan perpipaan pabrik, dan juga sisa material seperti dedaunan, tanaman mati dan hewan-hewan. (*Concise International Chemical Assesment Document* 63, WHO 2005).

b) Akibat Kegiatan Manusia

Untuk sumber mangan di lingkungan akibat kegiatan manusia adalah limpasan air limbah dari WWTP, pengolahan lumpur, proses penambangan, emisi dari logam, produksi besi, pembakaran bahan bakar fosil, dan juga emisi dari dari pembakaran zat aditif untuk bahan bakar. Kandungan mangan yang terdapat dalam produksi bijih logam di seluruh dunia diperkirakan sekitar 8,8 juta ton pada tahun 1986. Senyawa mangan diproduksi dari bijih mangan dan juga logam mangan.

Senyawa-senyawa mangan memiliki kegunaan yang beranekaragam.

Diantaranya sebagai berikut (USEPA 1984 dalam *Concise International Chemical Assesment Document* 63, WHO 2005):

- Produksi baterai *dry-cell*, korek api, kembang api, porcelain, dan material kaca mengandung mangan dioksida (MnO_2)
- Katalis dalam proses klorinasi material organik, produksi baterai *dry cell* mengandung mangan klorida ($MnCl$)
- Pupuk dan suplement peternakan, untuk keramik, pelapis, dan juga pembasmi jamur mengandung mangan sulfat ($MnSO_4$)
- Bahan pengoksidasi, desinfektan, pembersih logam, bahan antialga, material penjernih dalam pengolahan air bersih dan air limbah, pengawet bunga dan tanaman mengandung Potassium permanganat.

- Bahan antipengunci dalam gasoline mengandung *organomanganese compounds* MMT (methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl)

2.2.4.2 Pergerakan, Distribusi, Transformasi, dan Akumulasi Mangan

Pada dasarnya mangan terdapat di udara sebagian besar dalam bentuk material partikulat, dan akan berpindah ke tempat lain berdasarkan ukuran serta massa jenis partikulat tersebut dengan bantuan kecepatan dan arah angin. Beberapa bentuk mangan juga dapat ditemukan terlarut di lingkungan perairan dalam dua bentuk utama, yaitu: Mn(II) dan Mn(IV). Pergerakan diantara kedua jenis mangan ini disebabkan oleh proses oksidasi dan reduksi yang dapat terjadi secara abiotik ataupun melalui mikroba. Kondisi kimiawi lingkungan dari keberadaan mangan sangat dipengaruhi oleh pH dan kondisi redoks (*Concise International Chemical Assessment Document 63*, WHO 2005).

Mn(II) akan mendominasi pada kondisi pH rendah sekitar 5,5 dalam kondisi air yang non-dystropi, namun Mn(II) akan mengalami laju oksidasi dan presipitasi yang rendah pada pH dibawah 8,5 dan akan meningkat seiring kenaikan pH. Waktu yang dibutuhkan untuk proses oksidasi serta presipitasi adalah dalam rentang waktu harian hingga tahunan (Stokes et al, 1988 dalam *Concise International Chemical Assessment Document 63*, WHO 2005).

Faktor pengontrol utama mangan dalam air bersih adalah kandungan oksigen dalam air (DO), pH (keasaman) dan reaksi oksidasi reduksi dalam air bersih tersebut. Pada pH netral, perpindahan mangan ditentukan melalui reaksi oksidasi reduksi. Pada kondisi aerob tipikal bentuk mangan berupa Mn(IV)O₂ yang mana sangat tidak larut, namun nilainya sangat rendah dan biasanya di bawah batasan deteksi. Sedangkan pada kondisi anaerob, mangan akan menurunkan tingkatannya menjadi Mn(II) dengan sifat mudah larut yang mana dihasilkan dari mineral (British Geological Survey, 2003)

Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi mangan dalam air bersih antara lain adalah mikroorganisme. Pada dasarnya semua material organik dapat dijadikan sumber energi potensial untuk mikroorganisme (MO). Sebagian besar MO membutuhkan oksigen dalam proses respirasinya (aerob) dan memecah material organik. Namun pada saat ketersediaan oksigen terbatas atau

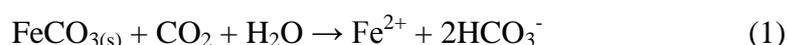
sedikit, beberapa bakteri dapat menggunakan alternatif lain seperti memanfaatkan nitrat, sulfat, dan karbon dioksida untuk melakukan respirasi (anaerob). Beberapa faktor yang mempengaruhi kehadiran MO dalam air bersih antara lain: ketersediaan nutrisi, pH, kandungan garam, suhu air bersih, dan permeabilitas dari akuifer.

2.2.4.3 Dampak Mangan Dalam Kehidupan

Mangan merupakan elemen yang esensial bagi kesehatan tubuh. Menurut WHO (1993) kebutuhan nutrisi harian tubuh terhadap mangan adalah 30-50 µg/kg berat tubuh. Mangan secara langsung akan diserap oleh tubuh, namun tingkat penyerapannya bergantung kepada besarnya dosis, bentuk kimiawi, dan pengaruh logam lainnya di dalam tubuh. Mangan yang terlarut di dalam air lebih bersifat *bioavailable* dibandingkan dengan yang berbentuk padatan (British Geological Survey, 2003). Namun, apabila konsentrasi mangan telah melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah, mangan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap air yang dikonsumsi antara lain rasa yang tidak enak, bau, dan air menjadi berwarna. Apabila air tersebut dikenakan kepada material dapat menimbulkan noda hitam kecoklatan terhadap material tersebut. Sedangkan efek negatif mangan terhadap kesehatan manusia adalah dapat mengganggu sistem reproduksi, *mutagenic*, dan berpotensi sebagai pemicu kanker apabila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama (WHO, 1996).

2.2.5 Besi

Besi terkandung dalam tanah, sedimen, dan air bersih dalam bentuk tidak terlarut yaitu *ferric oxides* dan sulfida (*pyrite*). Di dalam air besi hadir dalam dua bentuk, yakni besi *ferrous* dengan sifat mudah larut dan besi *ferric* dengan sifat sukar larut. Dikarenakan air bersih biasanya mengandung sejumlah CO₂, maka *ferrous carbonate* yang terlarut dalam air bersih dapat diakibatkan karena reaksi sebagai berikut (Sawyer, Mc.Carty, 2003):



Permasalahan yang ditimbulkan oleh besi dalam air lazimnya dikarenakan kehadiran bahan *ferric* tak larut di dalam tanah. Dalam kondisi anaerob ion *ferric* akan berubah menjadi besi ferrous. Air bersih yang mengandung sejumlah besi yang tinggi selalu tidak mengandung oksigen terlarut sedangkan memiliki kandungan karbon dioksida yang tinggi. Tingginya kandungan CO₂ mengindikasikan bahwa bakteri pengoksidasi material organik sangat banyak dan ketiadaan oksigen terlarut dalam air menandakan menunjukkan bahwa kondisi aerob sangat berkembang (Sawyer, Mc.Carty, 2003).

Dengan demikian konsentrasi besi dalam air bersih harus dikontrol agar keberadaannya di dalam air bersih dapat seimbang dan tidak berdampak terhadap kesehatan masyarakat ataupun berdampak negatif terhadap lingkungan. PP No 82 Tahun 2001 mengatur tentang baku mutu konsentrasi besi dalam air. Besi masuk ke dalam parameter kimia anorganik air bersih dengan nilai konsentrasi sebagai berikut:

Tabel 2.6 Baku Mutu Besi Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
Besi	mg/l	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/l

Sumber: PP No 82 Th 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

2.2.5.1 Sumber Besi di Alam

a) Alami

Karena besi merupakan elemen logam terbanyak kedua di sekitar kerak bumi (Hem, 1985), besi di dalam air bersih kemungkinan besar berasal dari berbagai macam jenis mineral, dan beberapa sumber besi kemungkinan hadir dalam sistem akuifer tunggal. Potensial oksidasi-reduksi, kandungan material organik, dan aktivitas metabolik dari bakteri dapat mempengaruhi konsentrasi besi di dalam air bersih. Oksidasi pyrite (FeS₂) juga turut menyumbang besi ke dalam sistem akuifer. Besi juga dapat hadir dalam sampah-sampah organik dan dalam reruntuhan tanah. Kehadiran besi yang tinggi di dalam air bersih dengan

Universitas Indonesia

kadar sulfat yang rendah merepresentasikan penghilangan (FeCO_3) atau reduksi sulfat akibat dari oksidasi pyrite (Hem, 1985). Sedangkan rendahnya kadar besi di alam kemungkinan disebabkan karena presipitasi mineral besi dari aktivitas bakteri atau kehilangan besi akibat proses pertukaran kation yang mengikat dengan tanah lempung (Hem, 1985). Berikut tabel mengenai konsentrasi material terlarut di dalam air bersih, diantaranya besi dan mangan:

Tabel 2.7 Ketersediaan Material Terlarut Dalam Air bersih

Major Constituents (1 - 1000 mg/l)	Secondary Constituents (0,01 - 10 mg/l)	Minor Constituents (0,0001 - 0,1 mg/l)
Sodium	Besi	Arseni
Kalsium	Aluminium	Barium
Magnesium	Potassium	Bromida
Bikarbonat	Karbonat	Kadmium
Sulfat	Nitrat	Kromium
Klorida	Floride	Kobalt
Silika	Boron	Tembaga
	Selenium	Iodida
		Timbal
		Litium
		Mangan
		Nikel
		Fosfat
		Strontium
		Uranium
		Timah

Sumber: David Keith Todd, 1980

b) **Sumber Akibat Kegiatan Manusia**

Sebagai akibat dari kegiatan manusia, besi banyak sekali ditemukan dalam bentuk kemasan yang digunakan untuk mengemas makanan atau minuman. Berikut tabel mengenai kegunaan besi yang dapat menjadi sumber polutan terhadap air bersih di sekitar *landfill*:

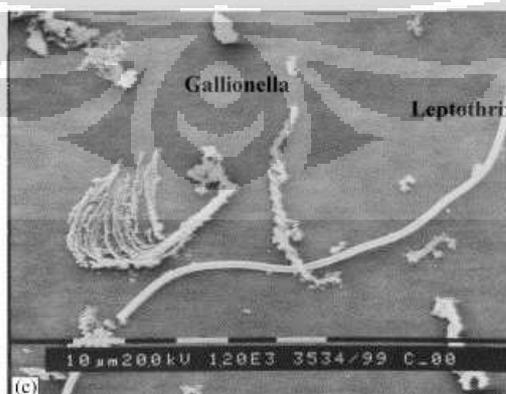
Tabel 2.8 Kegunaan Besi dalam Kehidupan Sehari-hari

Nama Material	Komponen Utama	Properti	Kegunaan
<i>Cast Iron</i>	Besi + karbon hingga 5% dan terkadang 1-3% silika	Mudah berkarat	pembuatan oven
		Keras	blok mesin silinder
<i>Galvanises iron</i>	Besi + lapisan seng	Tidak berkarat	Atap, badan kendaraan bermotor, perahu
		Lunak	
<i>Steel</i>	besi + karbon < 1%	Keras	bangunan, mesin, transportasi, kaleng, dan wadah
		Kuat	
		Lunak	
<i>Stainless steel</i>	Besi + karbon + nikel + kromium	Tidak berkarat	peralatan makan, peralatan rumah sakit
		Lunak	
<i>Tool steel</i>	Besi + karbon + vanadium + kromium	Sangat keras	alat pemotong logam
		Sangat rapuh	

Sumber: Christopher J. Doughney, 2003

2.2.5.2 Bakteri Besi

Bakteri besi merupakan sekelompok bakteri aerob yang mengeluarkan kotoran megandung *ferric hydroxide* dan juga menyimpan sebagiannya di dalam sel mereka. Sedikitnya terdapat 18 jenis bakteri yang dikarakteristikkan sebagai bakteri ini, namun jenis yang paling sering dihubungkan dengan kualitas air adalah *Gallionella*, *Sphaerotilus*, dan *Leptothrix* (Departemen Kesehatan dan Lingkungan Washington, 2012)



Gambar 2.6 Bakteri Besi *Gallionella* & *Leptothrix*

Sumber: Departemen Kesehatan dan Lingkungan Washington, 2012

Keberadaan bakteri ini, biasanya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan antara lain kandungan minimum besi dan mangan sebesar 0,2 mg/l, nilai pH 6,0 – 8,0, suhu berkisar 45-60°F, dan juga ketersediaan karbon dioksida terlarut di dalam air bersih. Mereka memperoleh energi dengan cara mengoksidasi besi terlarut didalam air (Fe^{2+}) menjadi *ferric hydroxide*. Bakteri besi dapat ditemukan di sungai, hilir, lahan basah, dan juga tanah. Sumber alami dari bakteri besi ini belum diketahui namun pada banyak kasus bakteri besi sudah ada di dalam air bersih sebelum air bersih tersebut digali dan digunakan (Departemen Kesehatan dan Lingkungan Washington, 2012).

2.2.5.3 Dampak Besi Dalam Kehidupan

Tidak jauh berbeda dengan mangan, besi pun merupakan element yang essensial bagi kesehatan tubuh dalam tahapan perkembangan seseorang. Menurut WHO (2003) jumlah besi di dalam tubuh pria dan wanita dewasa adalah sebesar 34-42 mg/kg berat tubuh. Fraksi terbesar besi terdapat di haemoglobin, myoglobin dan enzim sedangkan yang lainnya di simpan di tubuh seperti hati, ferritin, limfa, dan juga di otot. Besi secara langsung akan diserap oleh tubuh, namun tingkat penyerapannya bergantung kepada besarnya dosis, bentuk kimiawi, dan pengaruh logam lainnya di dalam tubuh.

Apabila konsentrasi besi telah melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah, besi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap air yang dikonsumsi antara lain rasa yang tidak enak, bau, dan air menjadi berwarna. Apabila air tersebut dikenakan kepada material dapat menimbulkan noda kekuningan terhadap material tersebut, seperti pada pakaian yang dicuci akan menjadi kusam apabila menggunakan air dengan konsentrasi besi yang tinggi selain itu besi juga dapat menimbulkan pengoratan pipa. Sedangkan efek negatif besi terhadap kesehatan manusia adalah dapat mengganggu sistem reproduksi, *mutagenic*, dan berpotensi sebagai pemicu kanker apabila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama (WHO, 2003).

2.3 LIMBAH PADAT

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia Nomor T-13-1990-F yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, pengertian timbulan limbah padat atau limbah padat atau produksi limbah padat adalah banyaknya limbah padat yang dihasilkan suatu wilayah perhari, dinyatakan dalam satuan volume ataupun dalam satuan berat. Guna memperoleh timbulan limbah padat, perlu ditinjau sumber-sumber penghasil limbah padat yang ada. Lokasi yang menjadi sumber timbulan limbah padat antara lain :

1. Limbah padat domestik, yaitu limbah padat yang dihasilkan oleh aktivitas manusia secara langsung seperti limbah padat rumah tangga, sekolah, dan pusat keramaian.
2. Limbah padat non domestik, yaitu limbah padat yang dihasilkan oleh aktivitas manusia secara tidak langsung, seperti : limbah padat industri, pertanian, peternakan, kehutanan, dan transportasi.

2.3.1 Timbulan dan Komposisi Limbah Padat

Jumlah produksi limbah padat sebanding dengan jumlah pertambahan penduduk dan kenaikan produksi limbah padat per kapita. Ukuran yang digunakan pada umumnya adalah satuan berat atau volume per waktu. Perkiraan produksi limbah padat berguna dalam merencanakan sistem pengolahan serta kebutuhan fisik, dalam hal ini kebutuhan luas lahan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).

Departemen Pekerjaan Umum mengeluarkan standar jumlah timbulan limbah padat yang dapat dihasilkan perorangan/perhari sebagai berikut:

Tabel 2.9 Besar Timbulan Limbah Padat Berdasarkan Komponen Sumber Limbah Padat

NO	KOMPONEN SUMBER LIMBAH PADAT	SATUAN	VOLUME (LITER)	BERAT (KG)
1	Rumah permanen	Per orang/hr	2,25 - 2,5	0,35 - 0,400
2	Rumah semi permanen	Per orang/hr	2,00 - 2,25	0,300 - 0,350
3	Rumah non permanen	Per orang/hr	1,75 - 2,00	0,250 - 0,300
4	Kantor	Per pegawai/hr	0,50 - 3,00	0,025 - 0,100
5	Rumah toko (Ruko)	Per petugas/hr	2,5 - 3,00	0,150 - 0,350
6	Sekolah	Per murid/hr	0,10 - 0,15	0,010 - 0,020
7	Jalan asteri sekunder	Per meter/hr	0,10 - 0,15	0,020 - 0,100
8	Jalan kolektor sekunder	Per meter/hr	0,10 - 0,15	0,0010 - 0,050
9	Jalan lokal	Per meter/hr	0,05 - 0,01	0,005 - 0,025
10	Pasar	Per meter/hr	0,20 - 0,60	0,100 - 0,300

Sumber: SNI-04-1993-03, Dep. Pekerjaan Umum

2.3.2 Sumber Limbah Padat

Sumber limbah padat berasal dari berbagai fasilitas dan aktifitas manusia yang dapat dihubungkan dengan peruntukkannya serta tata guna lahannya. Jenis limbah padat yang dihasilkan menurut sumbernya akan berbeda antara satu sumber dengan sumber lainnya. Menurut Tchobanoglous (1997) sumber limbah padat dapat diklasifikasikan kedalam 7 (tujuh) kategori, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.10 Tipe Limbah padat Berdasarkan Fasilitas, Aktifitas, Lokasi, dan Sumber Limbah padat

SUMBER	FASILITAS, AKTIFITAS, DAN LOKASI	TIPE LIMBAH PADAT
Pemukiman	Tempat tinggal satu keluarga dan banyak, apartemen kecil, sedang dan besar	Limbah padat makanan, limbah padat kering, limbah padat debu dan limbah padat khusus
Komersial	Toko, restoran, pasar, kantor, hotel, motel, bengkel, fasilitas kesehatan	Limbah padat makanan, limbah padat kering, limbah padat debu dan limbah padat berbahaya
Perkotaan	Gabungan tempat tinggal dan komersial	Limbah padat gabungan yang berasal dari pemukiman dan komersial
Industri	Konstruksi, pabrik, kimia, penyulingan	Barang industri rumah tangga, sisa pengepakan, sisa makan, industri konstruksi, limbah padat berbahaya, debu, dan limbah padat khusus

Universitas Indonesia

Ruang Terbuka	Jalan, taman, ruang bermain, pantai, tempat rekreasi, lorong, tanah kosong	Limbah padat khusus dan limbah padat kering
Lokasi Pegolahan	Air bersih, air limbah, proses pengolahan industri	Limbah pengolahan, buangan endapan
Pertanian	Lahan pertanian, ladang dan kebun	Limbah padat tanaman, limbah padat pertanian, limbah padat kering dan limbah padat berbahaya

Sumber : Tchobanoglous, 1997

2.3.3 Kriteria Pemilihan Lokasi Pembuangan Limbah Padat

Berdasarkan Japan International Cooperation Agency dalam Rancangan Peraturan Perundang-undangan Pengelolaan Sampah (2003) kriteria pemilihan lokasi TPA limbah padat adalah sebagai berikut:

- 1) Kriteria Regional, yaitu kriteria yang digunakan untuk menentukan zona layak atau zona tidak layak sebagai berikut:
 - a) Kondisi geologi: tidak berlokasi di zona bahaya geologi.
 - b) Kondisi hidrogeologi:
 - Tidak boleh mempunyai muka air bersih kurang dari 3 meter
 - Tidak boleh kelulusan tanah lebih dari 10^{-6} cm/det.
 - Jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 meter
 - Apabila tidak ada zona yang memenuhi kriteria-kriteria yang telah disebutkan sebelumnya, maka harus diadakan masukan teknologi.
 - c) Kemiringan zona harus kurang dari 20 %.
 - d) Jarak dari lapangan terbang harus lebih besar dari 3.000 meter untuk penerbangan turbo jet dan lebih besar dari 1.500 meter untuk jenis lain.
 - e) Tidak boleh pada daerah lindung/cagar alam dan daerah banjir dengan periode ulang 25 tahunan.
- 2) Kriteria penyisih yaitu kriteria yang digunakan untuk memilih lokasi terbaik, di antaranya yaitu:
 - a) Iklim:
 - Hujan, intensitas hujan makin kecil dinilai makin baik.

- Angin, arah angin dominan tidak menuju ke pemukiman dinilai makin baik.
- b) Lingkungan Biologis:
 - Habitat: kurang bervariasi, dinilai makin baik.
 - Daya dukung: kurang menunjang kehidupan flora dan fauna, dinilai makin baik.
- c) Kondisi tanah:
 - Produktifitas tanah: makin tidak produktif dinilai makin baik.
 - Kapasitas dan umur: dapat menampung lahan lebih banyak dan lebih lama dinilai lebih baik.
 - Status tanah: kepemilikan tanah makin bervariasi dinilai tidak baik.
- d) Demografi : kepadatan penduduk lebih rendah, dinilai makin baik.
- e) Batas administrasi: dalam batas administrasi dinilai semakin baik.
- f) Kebisingan: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- g) Bau: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- h) Estetika: semakin tidak terlihat dari luar dinilai semakin baik.
- i) Ekonomi: semakin rendah biaya satuan pengelolaan limbah padat (Rp/m³ atau Rp/ton) dinilai semakin baik.

Tabel 2.11 Karakteristik Jenis Tanah

Jenis Tanah	Satuan	Latosol	Podsolik MK	Andosol	Regosol
Bobot isi	g/cm ³	0,99	0,93	0,65	1,11
Porositas total	% - volume	62,58	63,68	73,36	58,10
Pori drainase	% - volume	12,44	13,28	16,20	21,28
Air tersedia	% - volume	16,00	16,50	21,08	8,08
Pasir	%	17,40	14,30	18,80	62,30
Debu	%	17,80	31,00	46,50	24,60
Liat	%	64,80	54,70	34,70	13,20
Bahan organik	%	2,90	4,30	12,20	2,50
Kelas tekstur		Liat	Liat	Lempung liat berdebu	Lempung berpasir

Sumber: C. O'Keefe, Thomas et al, 2002

Tabel 2.12 Porositas dan Angka Kelolosan dari Material Geologi

Material	Porosity (%)	Specific Yield (%)
Unconsolidated Sediments		
Gravel	25-35	15-30
Sand	25-45	10-30
Silt	35-50	5-10
Clay	45-50	1-5
Sand and Gravel	20-30	10-20
Glacial Till	20-30	5-15
Consolidated Rock		
Sandstone	5-30	3-15
Limestone and Dolomites	1-20	0,5-10
Karst Limestone	5-30	2-15
Shale	1-10	0,5-5
Vesicular Basalt	10-40	5-15
Fractured Basalt	5-30	2-10
Tuff	10-60	5-20
Fresh Granite and Gneiss	0,01-2	< 0,1
Weathered Granite and Gneiss	1-15	0,5-5

Sumber: Freeze and Cherry, 1979

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

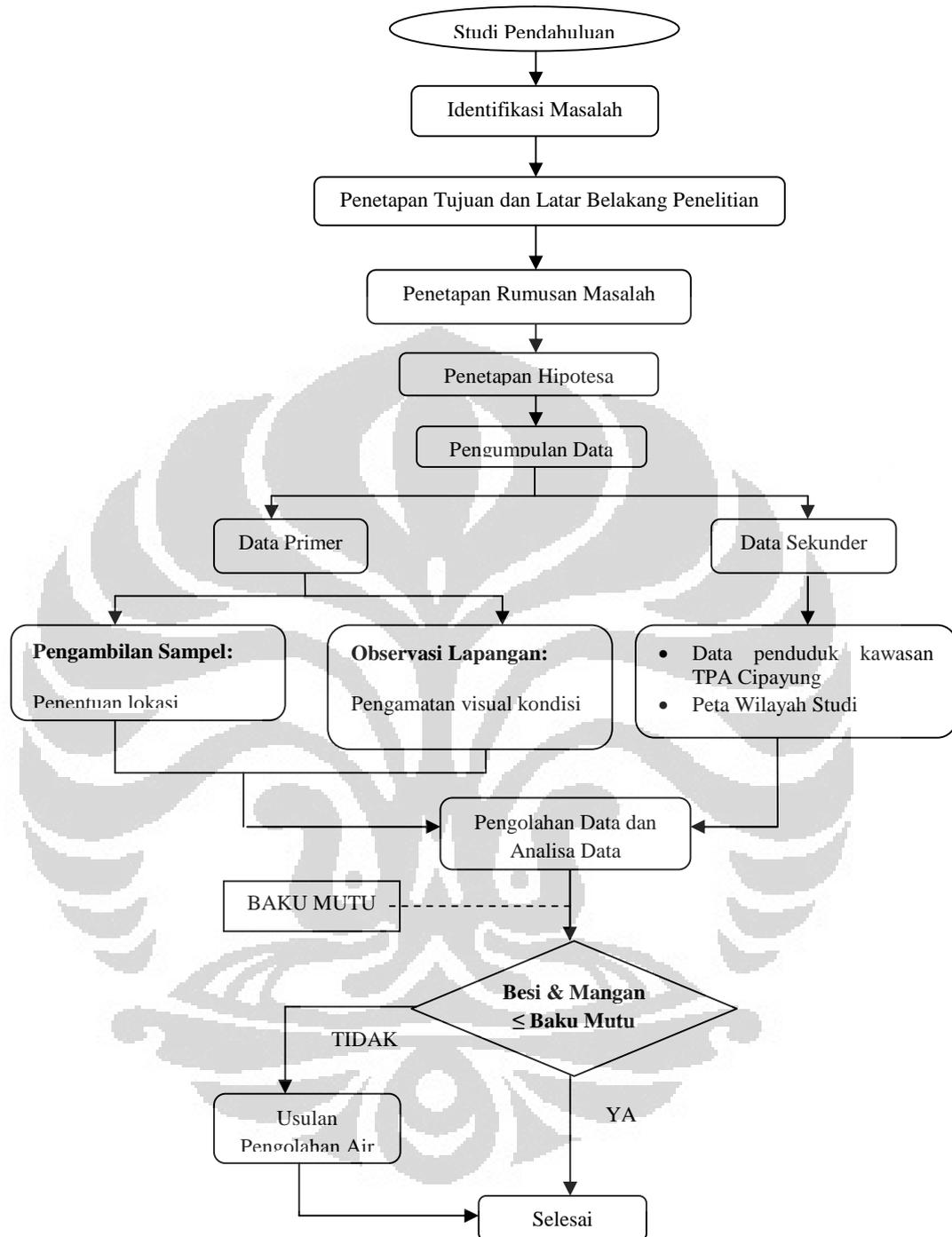
Penelitian diawali dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, dalam kasus ini adalah pengaruh keberadaan TPA Cipayung terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya. Selanjutnya dilakukan penetapan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang kemudian menghasilkan rumusan permasalahan. Setelah penetapan rumusan permasalahan dilakukan penetapan hipotesa sementara terhadap hasil penelitian sebagai acuan untuk menganalisa. Kemudian barulah dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan, baik data primer berupa pengambilan sampel serta observasi lapangan ataupun data sekunder yang berasal dari instansi terkait.

Langkah selanjutnya adalah pengolahan terhadap data-data yang telah dikumpulkan dan kemudian dilakukan analisa data untuk dibandingkan dengan baku mutu pemerintah yakni PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Apabila konsentrasi besi dan mangan yang diperiksa berada diatas baku mutu maka akan dibuat suatu usulan pengolahan air bersih yang digunakan oleh masyarakat di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung namun bila konsenetrasi besi dan mangan msih berad adi bawah baku mutu maka penelitian selesai.

3.2 Hipotesa Penelitian

Hipotesa penelitian ini adalah:

1. Kadar besi dan mangan dalam air bersih di wilayah pemukiman TPA Cipayung telah melebihi baku mutu lingkungan.
2. Kadar besi dan mangan dalam air bersih di wilayah pemukiman warga akan berbanding terbalik dengan jarak pengambilan sampel. Semakin dekat jarak pengambilan sampel maka akan semakin tinggi kadar besi dan mangan dalam air tersebut.



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Sumber: Pengolahan Penulis, 2012

3.3 Variabel Penelitian

Terdapat dua jenis variabel yang digunakan pada penelitian ini, yakni variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat adalah faktor yang diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat akan berubah sesuai dengan pengaruh dari variabel bebas. Sedangkan variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat, yaitu faktor yang dipilih untuk menentukan fenomena yang diamati.

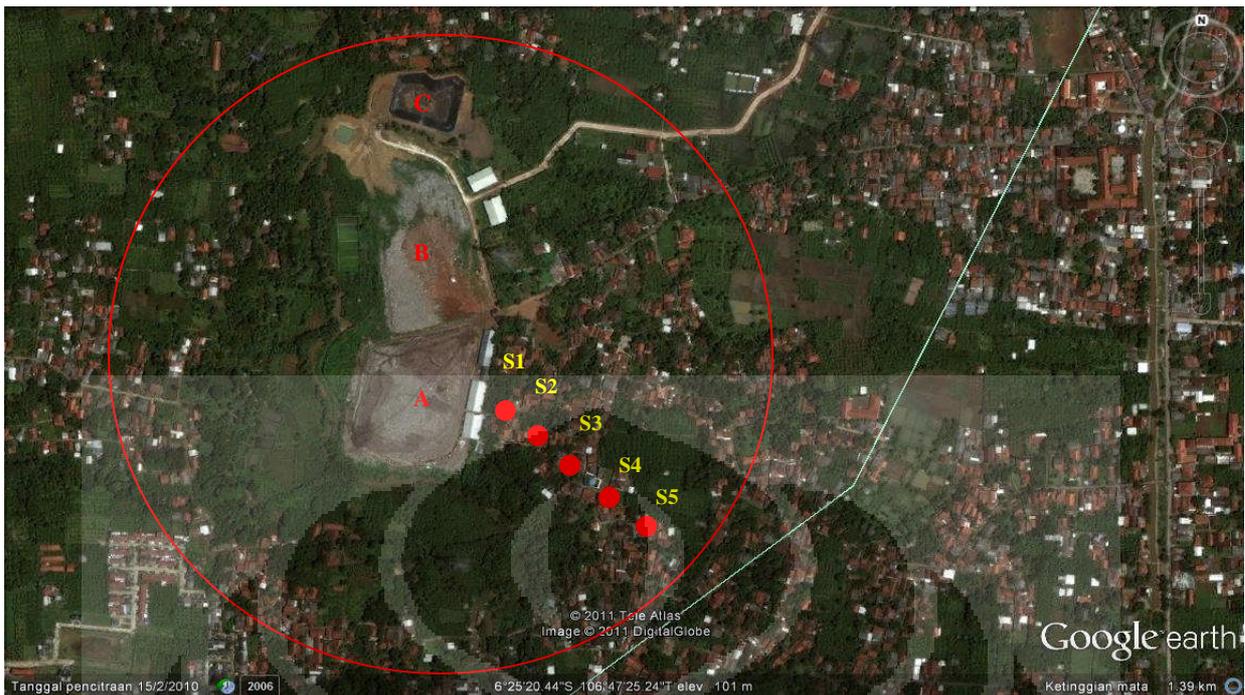
Berikut variabel terikat dan bebas yang digunakan pada penelitian:

- Variabel terikat : besi, mangan, suhu, pH, dan DO
- Variabel bebas : variasi jarak

Variasi jarak pengambilan sampel dari satu lokasi dengan lokasi lainnya sebagai variabel bebas didasarkan atas studi literatur (Arbain, 2008), yaitu variasi jarak untuk pengambilan sampel air dari rumah warga berada pada rentang tiap 50 m dari TPA.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada rentang waktu Maret – Juli 2012 dan berlokasi di wilayah permukiman sekitar TPA Cipayung, tepatnya berada di Kelurahan Cipayung, Kecamatan Cipayung kota Depok. Lokasi pemukiman yang dipilih adalah lokasi pemukiman di sebelah tenggara TPA Cipayung dengan *benchmark* zona A dan radius 350 m. Pemilihan zona A sebagai *benchmark* dikarenakan zona ini merupakan zona yang masih aktif digunakan TPA Cipayung sebagai area *landfill*. Sedangkan alasan pemilihan pemukiman di sebelah tenggara zona A karena di wilayah tenggara ini adalah wilayah pemukiman padat penduduk yang sebagian masyarakat masih menggunakan air bersih sebagai sumber air bersih untuk kegiatan sehari-hari mereka.



Gambar 3.2 Lokasi dan Titik Sampling Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Pengambilan Sampel\

Titik Sampling	Tanggal	Waktu Pengambilan Sampel	Jumlah Sampel
S1	20 Maret 2012	11.00-11.15	1
S2	20 Maret 2012	11.15-11.30	1
S3	20 Maret 2012	11.30-11.45	1
S4	20 Maret 2012	11.45-12.00	1
S5	20 Maret 2012	12.15-12.30	1

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

3.5 Populasi dan Sampel

3.5.1 Populasi

Populasi adalah keseluruhan subyek penelitian. Dalam penelitian ini subyeknya adalah jumlah rukun tetangga (RT) yang berada di wilayah kelurahan Cipayung yang merupakan lokasi dari TPA Cipayung. Dalam satu rukun tetangga akan dipilih satu rumah dan menggunakan air bersih sebagai sumber air bakunya. Populasi di Kelurahan Cipayung adalah 65 RT dengan total pemukiman sebesar 2275 rumah, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.2 Jumlah Pemukiman Kecamatan Cipayung

No	Kelurahan	Jumlah RT	Jumlah Pemukiman
1	Cipayung	65	2275
2	Cipayung Jaya	37	1295
3	Ratu Jaya	67	2345
4	Bojong Pondok Terong	52	1820
5	Pondok Jaya	51	1785

Sumber: Bappeda Depok, 2009

3.5.2 Sampel

Teknik penentuan sampel yang digunakan adalah *Purposive Sampling*. *Purposive Sampling* memiliki pengertian bahwa penentuan sampel mempertimbangkan kriteria-kriteria tertentu yang telah dibuat terhadap obyek yang sesuai dengan tujuan penelitian dalam hal ini penelitian dilakukan pada pemukiman di sekitar TPA Cipayung. Adapun kriteria-kriteria dari pemukiman tersebut yang akan dijadikan sampel adalah:

- a. Menggunakan air bersih sebagai sumber baku air dalam kehidupan sehari-hari
- b. Menggunakan sumur pompa dengan kedalaman yang seragam untuk mengambil air bersih
- c. Berlokasi di sekitar TPA Cipayung dengan radius maksimal 500 m dari TPA

3.5.3 Ukuran Sampel

Dalam penelitian ini, penentuan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* artinya ditentukan dengan mempertimbangkan tujuan penelitian berdasarkan kriteria-kriteria yang ditentukan terlebih dahulu. Agar sampel yang diambil dalam penelitian ini dapat mewakili populasi.

Rumus umum yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah sebagai berikut (Yamane, 1999):

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1}$$

- n : nilai sampel
 N : nilai populasi
 d : tingkat kepercayaan

$$n = \frac{2275}{(2275 \times 0,1^2) + 1} = 96$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa jumlah sampel yang seharusnya digunakan pada penelitian adalah sebanyak 96 sampel. Namun jumlah sampel 96 tidak dapat diambil karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Jumlah 96 sampel tidak mungkin dilakukan dalam waktu sehari sedangkan pengambilan sampel air harus dilakukan dalam waktu yang seragam sehingga diharapkan hasil pengukuran sampel air akan mendekati hasil yang tepat.
2. Keterbatasan biaya yang digunakan pada saat penelitian

Dengan demikian diputuskan bahwa jumlah sampel yang akan diambil pada saat penelitian sesuai dengan variasi jarak yang akan diambil, yaitu:

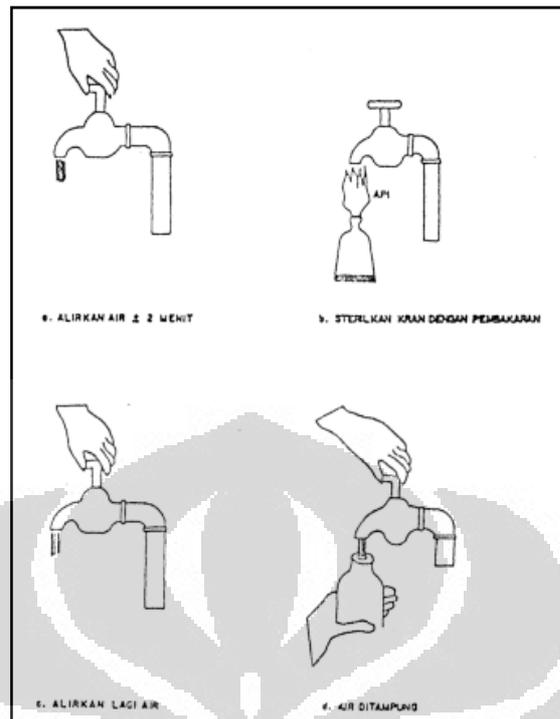
Tabel 3.3 Variasi Lokasi Titik Sampling

No	Titik Sampling	Jarak (m)	Σ Sampel
1	S1	1-50	1
2	S2	51-100	1
3	S3	101-150	1
4	S4	151-200	1
5	S5	201-250	1

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

3.5.4 Waktu dan Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilaksanakan pada siang hari, yaitu mulai pukul 11.00 hingga pukul 12.30 WIB. Sampel air diambil dari keran dalam rumah warga yang telah dipilih sebagai lokasi sampling. Metode pengambilan sampel air dari keran ini mengikuti metode SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air.



Gambar 3.3 Cara Pengambilan Contoh Untuk Pemeriksaan Air Dari Keran

Sumber: SNI 06-2412-1991

3.5.5 Alat Pengambilan Sampel

Sesuai dengan SNI 2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air, alat pengambil contoh yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Terbuat dari bahan gelas atau plastik
2. Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
3. Mudah dicuci
4. Tidak mudah pecah
5. Wadah contoh untuk pemeriksaan mikrobiologi harus dapat disterilkan
6. Tidak menyerap zat-zat kimia dari contoh
7. Tidak melarutkan zat-zat kimia ke dalam contoh
8. Tidak menimbulkan reaksi antara bahan wadah dengan contoh.

Berdasarkan persyaratan tersebut alat yang digunakan untuk mengambil sampel air adalah botol plastik seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Botol Plastik Untuk Mengambil Sampel Air

3.6 Metode Pengukuran

Terdapat dua jenis pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung memiliki pengertian sebagai pemeriksaan langsung di lapangan terhadap parameter yang diujikan sedangkan pemeriksaan tidak langsung memiliki pengertian pengukuran terhadap parameter yang diujikan di dalam laboratorium. Berikut metode pengukuran untuk masing-masing parameter:

Tabel 3.4 Metode Pengukuran Parameter

No	Parameter	No. SNI	Metode	Jenis Pengukuran
1	Besi	SNI 6989.4.2004	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	Tidak langsung (Dalam Laboratorium)
2	Mangan	SNI 06-6989.5-2004	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	
3	DO	SNI 06-6989.14-2004	Menggunakan Alat DO Meter	
4	Suhu	SNI 06-6989.23-2005	Menggunakan Termometer	Secara Langsung
5	pH	-	Menggunakan Kertas Lakmus	

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

3.7 Pengolahan dan Analisa Data

Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini, yakni data primer serta data sekunder, berikut penjelasan untuk masing-masing data:

- Data primer: adalah data yang dikumpulkan dengan cara pemeriksaan langsung, yaitu mengukur kualitas air bersih pemukiman sekitar TPA Cipayung secara langsung. Parameter kualitas air yang diukur adalah besi, mangan, suhu, pH dan DO.
- Data sekunder: adalah data yang didapatkan dari suatu instansi atau lembaga resmi. Data sekunder ini meliputi data tentang timbulan sampah, dan kondisi fisik TPA Cipayung yang berasal dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok.

Data yang didapatkan kemudian digunakan untuk menganalisa pengaruh keberadaan TPA Cipayung terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya secara kuantitatif. Analisa secara kuantitatif dilakukan dengan membandingkan data yang dihasilkan dengan baku mutu PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

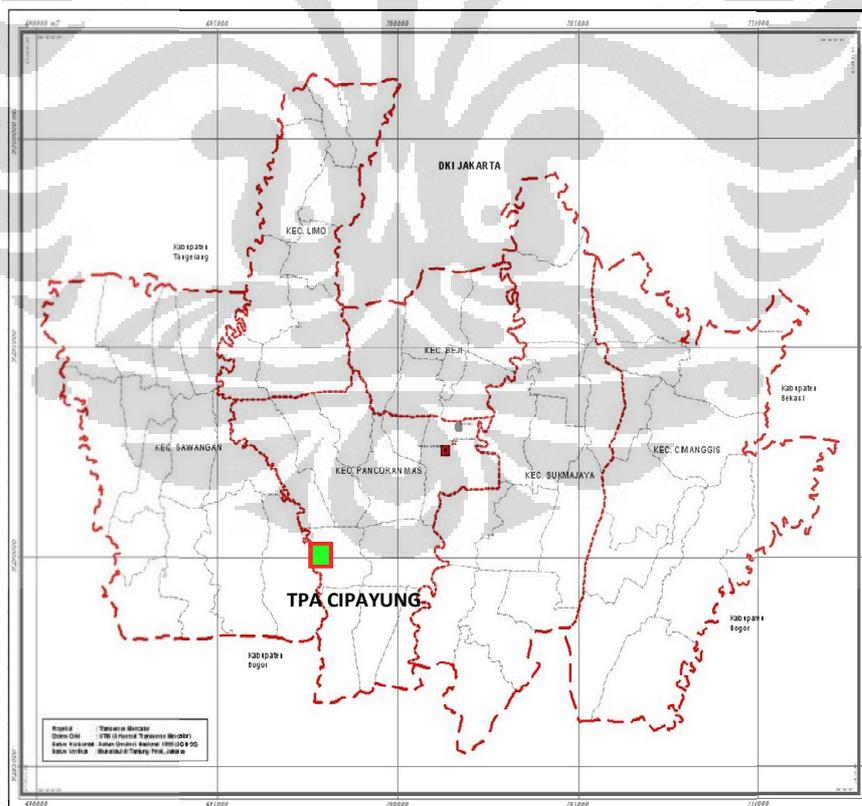
BAB 4

GAMBARAN UMUM TPA CIPAYUNG DEPOK

4.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan TPA Cipayung

TPA Cipayung merupakan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah yang berada di wilayah Kota Depok. Mulai beroperasi sejak 1984 dengan luas total lahan terkini mencapai 11,2 hektar dengan area *landfill* hanya 5,1 hektar. Namun saat ini kondisi TPA Cipayung dikhawatirkan tidak akan cukup menampung volume sampah yang semakin besar sampai akhir tahun 2012, hal ini dikarenakan area *landfill* yang ada sudah tidak memadai lagi (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011).

Lokasi TPA Cipayung tepatnya terletak di Kecamatan Pancoranmas dengan kelurahan sekitarnya adalah Kelurahan Cipayung dan Kelurahan Pasir Putih, berikut gambar lokasi TPA Cipayung:



Gambar 4.1 Lokasi TPA Cipayung

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

4.2 Kondisi Fisik TPA Cipayung

TPA Cipayung memiliki 3 zona atau zona Pembuangan yaitu zona A, B dan C. Berikut penjabaran masing-masing zona (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011) :

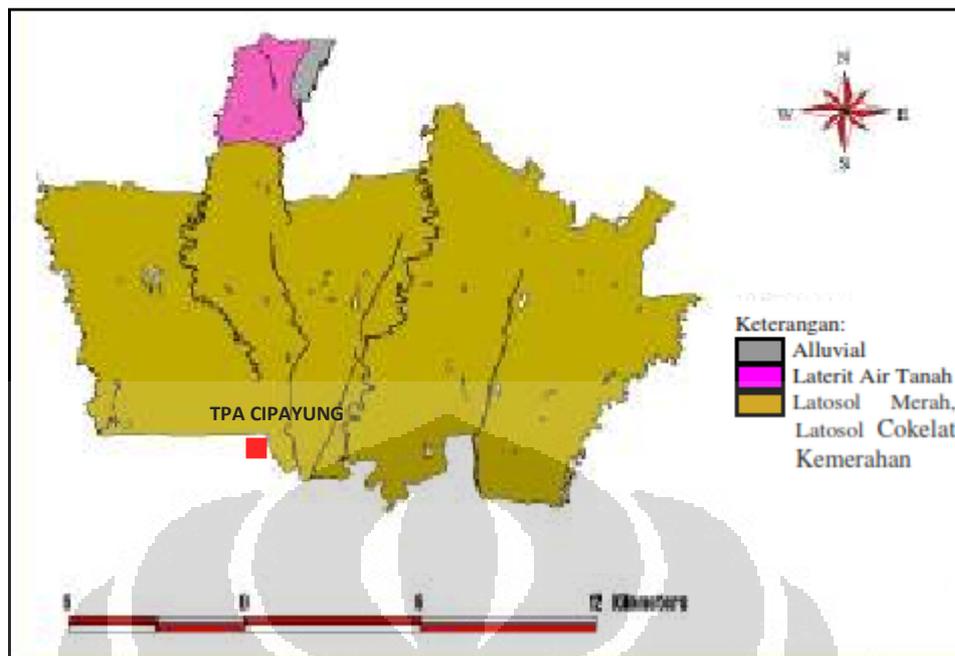
- Zona A terletak paling selatan dari lokai TPA memiliki luas area sekitar 2,1 Hektar dengan ketinggian aktual rata-rata 4 m.
- Zona B terletak di sebelah zona A dengan luas area 2,4 Hektar dan ketinggian aktual 6 m.
- Zona C terletak di utara dari lokasi TPA memiliki luas 6000 m², mulai dioperasikan sejak akhir 2010 dan ditutup pada bulan mei 2011. saat ini telah dilakukan *cover soil* (penutupan dengan tanah liat).



Gambar 4.2 Pembagian Zona TPA Cipayung Depok

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

Jenis tanah di TPA Cipayung dan wilayah sekitarnya adalah latosol merah, jenis Tanah ini perkembangannya dipengaruhi air bersih, tingkat kesuburan sedang, kandungan air bersih cukup banyak, sifat fisik tanah sedang – kurang baik.

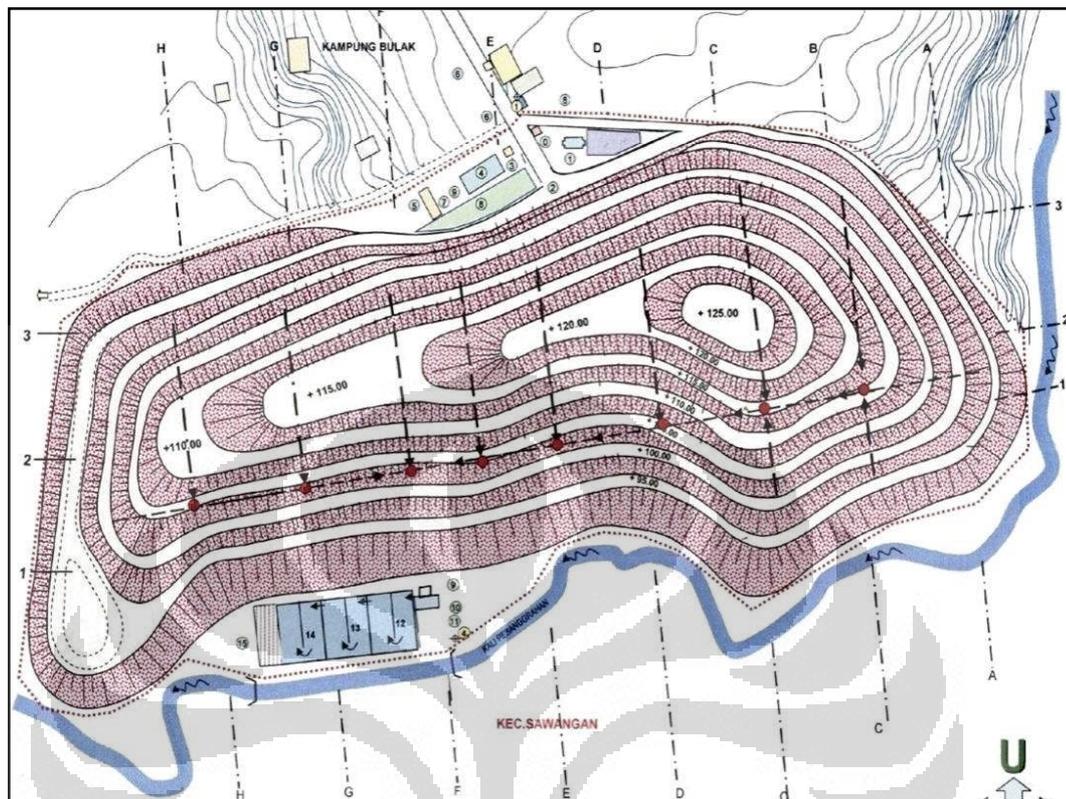


Gambar 4.3 Peta Jenis Tanah Kota Depok

Sumber: Rencana Induk Persampahan Kota Depok (paket 4), 2008

Air bersih merupakan sumber utama untuk kepentingan air bersih bagi daerah Depok dan sekitarnya. Reservoir air bersih terdapat pada batuan tersier dan kwarter. Akuifer air bersih dangkal terdapat pada kedalaman 0 – 20 m dari permukaan tanah, bersifat preatik. Kota Depok sendiri memiliki kedalaman rata-rata air bersih dangkal sekitar 10 m. Sedangkan untuk air bersih dalam di kota Depok memiliki kedalaman berkisar dari 10 m hingga 30 m dengan ketinggian muka air bersih 2 m (Depok.go.id).

Sedangkan untuk kontur TPA Cipayung, diketahui berdasarkan gambar dibawah ini bahwa area tempat pembuangan limbah padat (*landfill*) memiliki ketinggian maksimal sebesar 125 m diatas permukaan laut di daerah yang dekat dengan wilayah kampung Bulak dan memiliki ketinggian paling rendah sebesar 95 m diatas permukaan laut di daerah yang dekat dengan Kecamatan Sawangan. Data mengenai perbedaan ketinggian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menganalisa pencemaran air bersih yang terjadi di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung.



Gambar 4.4 Peta Kontur Wilayah TPA Cipayung, Depok
Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

4.3 Volume dan Karakteristik Sampah TPA Cipayung

Berdasarkan data dari Studi ANDAL TPA Cipayung tahun 2002 yang terdapat di dalam Rencana Induk Persampahan Kota Depok (paket 4) tahun 2008, diketahui bahwa komposisi sampah kota Depok adalah 72,97 % sampah organik dan 26,03% merupakan sampah anorganik. Dengan rincian komposisi jenis sampah terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Komposisi Sampah TPA Cipayung

NO	KOMPOSISI JENIS SAMPAH	PERSENTASE %
1	Bahan organik	72,97
2	Kertas	7,07
3	Kaca/ Beling/ Gelas	1,25
4	Plastik	3,57
5	Logam	1,37
6	Kayu	3,65
7	Kain	2,40
8	Karet	1,24
9	Lain-lain	6,38
Jumlah		100,00

Sumber : Studi ANDAL TPA Cipayung tahun 2002 dalam Rencana Induk Persampahan Kota Depok (paket 4) tahun 2008

Untuk volume sampah yang masuk ke TPA Cipayung perharinya adalah sekitar 700 m³ – 800 m³, kemudian sampah ini tidak serta merta masuk ke dalam landfill. Terdapat pengurangan volume terlebih dahulu akibat kegiatan yang dilakukan UPS sekitar TPA Cipayung, pemilahan oleh pemulung, dan juga pemadatan sampah. Berikut rincian perhitungan volume sampah yang masuk ke TPA Cipayung per harinya:

Tabel 4.2 Rincian Perhitungan Sampah yang Masuk TPA Cipayung/ Hari

RINCIAN	JUMLAH (m ³)
Input	
Volume sampah organik	548,72
Volume sampah anorganik	173,28
Volume sampah total	722,00
Output	
Reduksi sampah organik pada 4 UPS TPA	80
Reduksi pemulung 10% dari sampah anorganik sebesar	17,3
Reduksi akibat pemadatan (20%)	144,4
Volume reduksi total	241,7
Volume sampah masuk landfill	480,30

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

4.4 Sarana Pengendalian Pencemaran TPA Cipayung

sarana prasarana alat, TPA Cipayung telah memiliki sarana pendukung pada masing-masing zona antara lain yaitu (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011):

- Lapisan barrier pembatas (*geomembran*)
- Adanya pipa pembuangan gas methana
- Adanya saluran pembuangan air limbah sampah (*leachet*)

Sarana lain yang mendukung kinerja TPA Cipayung agar lebih maksimal adalah:

Tabel 4.3 Sarana Pengendalian Pencemaran TPA Cipayung Depok

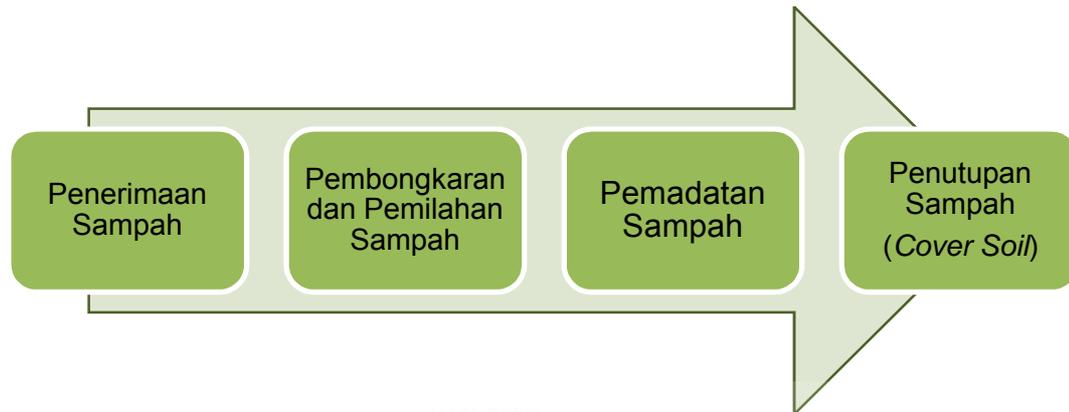
No	SARANA	JUMLAH UNIT
1	Zona lindi	2
2	Hanggar perbaikan alat berat	1
3	Kantor pengelolaan TPA	2
4	Area parkir kendaraan	1 (600 m ²)
5	Area pencucian kendaraan	1 (400 m ²)
6	Jalan lingkar di TPA	1 ruas
7	Hanggar unit pengolah sampah	5
8	Sumur pantau	3

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

4.5 Operasional TPA Cipayung

Berdasarkan data yang didapat dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok tahun 2011, kegiatan operasional yang dilakukan TPA Cipayung yaitu:

- Waktu operasional pukul 08.00 WIB s.d. 17.00 WIB. Hari Senin s.d. Sabtu, kecuali hari Minggu dan Hari Raya.
- Banyaknya volume sampah yang masuk ke TPA untuk saat ini sebanyak 1000-1200 m³ perhari.
- Untuk menanggulangi dampak lingkungan akibat tumpukan sampah, dilakukan penutupan sampah oleh tanah (*cover soil*) secara periodik selama 2 bulan dalam satu tahun.



Gambar 4.5 Skema Kegiatan Operasional TPA Cipayung

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

Saat ini Pengelolaan TPA Cipayung menggunakan sistem *Control Landfill*, dengan indikator sebagai berikut (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011):

- Perlakuan khusus terhadap pengurangan sampah adalah adanya upaya pemrosesan terlebih dahulu terhadap sampah atau residu sampah secara terbatas sebelum dikembalikan ke media lingkungan/ tanah, yaitu berupa pengolahan sampah organik menjadi kompos di TPA.
- Perlakuan khusus terhadap penanganan sampah adalah dengan proses pengembalian sampah atau residu sampah ke dalam area TPA dengan cara melakukan pembuangan terbuka yang didalamnya telah ada perlakuan khusus pada TPA tersebut, baik dalam pengurangan maupun penanganannya.

Beberapa perlakuan yang dilakukan oleh pengelola TPA dalam sistem operasional persampahan di TPA Cipayung adalah sebagai berikut:

a. Perlakuan Khusus Dalam Pengurangan

Sebelum sampah atau residu sampah dikembalikan ke media lingkungan/ tanah, terlebih dahulu secara terbatas dilakukan pemrosesan lanjutan di dalam TPA baik pemilahan, pengkomposan, dan proses pengurangan lainnya.

b. Perlakuan Khusus dalam Penanganan Media

Lingkungan/ tanah yang dijadikan tempat penumpukan sampah atau residu sampah telah dipersiapkan secara khusus, yaitu dibuat dalam bentuk zona-zona penampungan sampah yang didalamnya terdapat :

- Lapisan barrier pembatas (geomembran)
- Saluran pembuangan gas methana
- Saluran pembuangan air limbah sampah (leachet)
- Penutupan sampah dengan tanah

Telah tersedianya sarana pendukung lingkungan yang lengkap, meliputi :

1. Adanya zona pengolahan air limbah sampah/leachet (zona lindi)
2. Memiliki sumur pantau untuk menguji kualitas air bersih disekitar area TPA
3. Membuat *bufferzone* dan batas permanen antara Area TPA dengan pemukiman warga. Sehingga seluruh proses pengelolaan sampah di TPA tidak terlihat dan mengganggu warga sekitar
4. Memiliki sarana pengukuran volume sampah yang masuk kedalam TPA
5. Memiliki sarana untuk penanggulangan penyakit akibat kondisi lingkungan, seperti tempat pengobatan gratis, mesin fogging, dan lainnya.
6. Memiliki fasilitas air bersih berupa air bersih untuk keperluan operasional TPA Cipayung
7. Memiliki saluran untuk mengalirkan air lindi dari zona pembuangan sampah menuju ke WWTP

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Kualitas Air Bersih

Pengambilan sampel air bersih di wilayah sekitar TPA Cipayung dilakukan tepatnya di sebelah tenggara TPA dan sebagai *benchmarknya* adalah zona A. Pemilihan zona A sebagai *benchmark* ini dikarenakan zona A merupakan lahan TPA yang hingga kini digunakan sebagai lokasi pembuangan residu sampah. Untuk zona B, lahan ini sudah tidak terlalu sering digunakan karena ketinggian timbunan sampah sudah mencapai 7 m sehingga dikhawatirkan akan terjadi longsor apabila terus dipaksakan digunakan, sedangkan zona C memang sudah tidak digunakan dan permukaan zona pun sudah dilapisi dengan *final cover soil*.

Areal pemukiman di sekitar TPA Cipayung sebagian besar berada di sebelah tenggara TPA, sehingga dipilihlah wilayah tenggara sebagai lokasi pengambilan sampel dengan lima variasi jarak, yaitu 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, dan 250 m dari zona A. Hasil analisa sampel air bersih dari masing-masing variasi jarak akan dibandingkan kualitas airnya.

Metode pengambilan sampel air bersih dilakukan dengan mengacu kepada SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air (lampiran 2). Keseluruhan sampel diambil dalam waktu satu hari dimulai dari pukul 11.00 hingga 12.00. Hal ini ditujukan agar kualitas air pada tiap variasi jarak berada dalam kondisi yang sama sehingga data yang dihasilkan dapat mendekati akurat. Berikut data hasil pengukuran kualitas air bersih di wilayah sekitar TPA Cipayung:

Tabel 5. 1 Data Hasil Pengukuran Kualitas Air bersih Wilayah Pemukiman Sekitar TPA Cipayung

JARAK	Kedalaman (m)	pH	SUHU	DO	MANGAN	BESI
			(°C)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
50	8	8	32	1,92	0	0,16
100	7	7	30	2,47	0,5	0,03
150	8,5	5,5	30	2,03	0,4	0,05
200	7	5	29	2,98	0,2	0,02
250	7,5	4,5	28	2,76	0,2	0,02

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis, 2012

Tabel 5.2 Analisa Deskriptif

Parameter	Min	Max	Mean	SD	Variance	Range
pH	4,50	8,00	6,00	1,30	2,13	3,50
Suhu	28,00	32,00	29,80	1,33	2,20	4,00
DO	1,92	2,98	2,43	0,41	0,21	1,06
Mangan	0,00	0,50	0,26	0,17	0,04	0,50
Besi	0,02	0,16	0,06	0,05	0,00	0,14

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis, 2012

Pada titik sampel pertama pada jarak 50 m milik kantor TPA Cipayung Depok, kedalaman air bersih yang dimiliki adalah 8 meter dan pengambilan sampel berasal dari air keran di kamar mandi TPA dengan sumber air bersih langsung dari air bersih. Sedangkan untuk titik sampel 2 hingga titik sampel 5 milik Bapak Sutiawan, Bapak Karjo, Bapak Arif Rachman, dan Bapak Kosasih memiliki kedalaman air bersih masing-masing 7 m; 8,5 m; 7 m; dan 7,5 m diambil dari air keran yang berasal dari air bersih yang telah ditampung dalam bak penampungan air.

Berdasarkan tabel 5.2 terlihat bahwa kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung berubah secara fluktuatif dan berbeda untuk masing-masing parameter. Perbedaan kualitas air bersih dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah komposisi dan kelarutan material batuan pada akuifer tanah, suhu air bersih, tekanan parsial dari karbon dioksida, reaksi asam basa (pH), reaksi oksidasi-reduksi, berkurang dan bertambahnya materi pengisi air bersih melalui lapisan lempung dalam tanah, dan pencampuran air dari strata tanah yang berdekatan.

Pembahasan secara rinci dilakukan pada tiap parameter kualitas air yang diteliti.

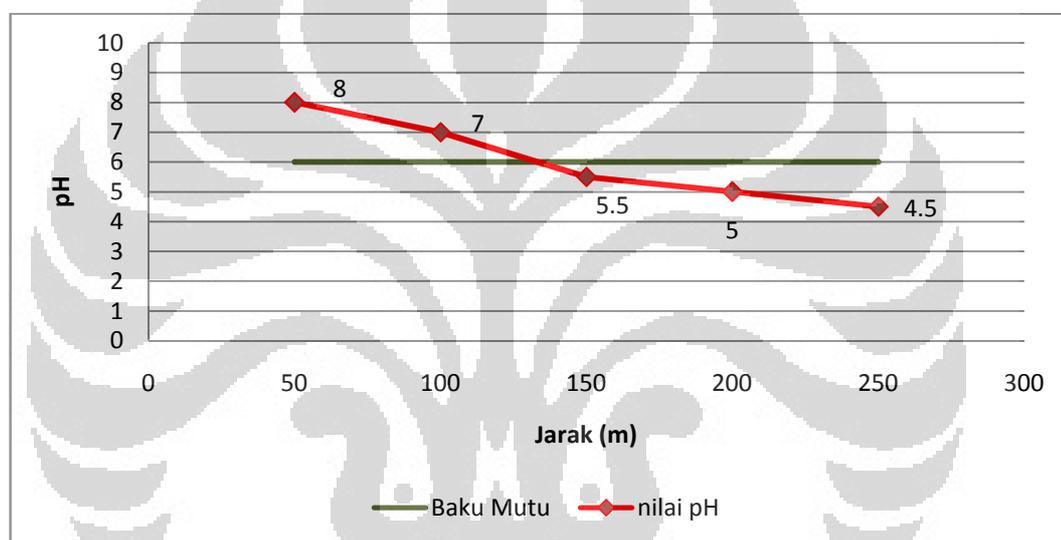
5.1.1 Parameter pH

pH merupakan nilai keseimbangan asam dan basa dalam air yang ditentukan dengan mengukur konsentrasi ion hidrogennya (Sawyer et al, 2003). pH adalah salah satu parameter kualitas air kimia anorganik yang masuk ke dalam PP No 82 tahun 2001 yang merupakan standar baku mutu tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. pH dikatakan netral apabila berada pada

Universitas Indonesia

rentang 6-8, apabila <6 dikatakan asam dan bila >8 dikatakan basa. Nilai pH akan mempengaruhi konsentrasi logam di perairan, kelarutan logam akan lebih tinggi pada pH rendah dibandingkan pada pH tinggi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, air bersih di wilayah sekitar pemukiman TPA Cipayung memiliki nilai pH yang berbeda-beda pada tiap rentang jarak lokasi pengambilan sampel. Perbedaan nilai pH ini akan berkaitan dengan reaksi kimiawi dan biologis yang terjadi di dalam air dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kualitas fisik serta kimiawi dari air bersih tersebut. Berikut hasil pengukuran pH pada rentang jarak 50 m hingga 250 m.



Gambar 5.1 Perubahan Nilai pH Terhadap Jarak

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis 2012

Pengukuran nilai pH air bersih wilayah sekitar TPA Cipayung dilakukan secara insitu pada saat pengambilan sampel menggunakan kertas lakmus. Nilai pH didapatkan dari membandingkan perubahan warna kertas lakmus pada saat dicelupkan ke dalam sampel air bersih dengan range warna yang menunjukkan besarnya nilai pH dari air sampel yang diteliti. Perubahan warna kertas lakmus pada masing-masing sampel air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung menunjukkan hasil yang beragam seperti yang terlihat pada grafik diatas.

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa pada jarak 50 m dan 100 m pH air bersih berada pada kisaran normal yakni memiliki nilai 8 dan 7 sedangkan pada

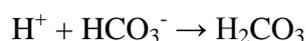
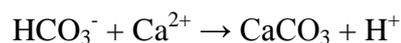
jarak 150 m, 200 m hingga titik terjauh yaitu 250 m, pH air bersih bersifat asam dengan nilai pH 5,5; 5; dan 4,5. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai pH air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung semakin menurun seiring dengan pertambahan jarak horizontal dari titik *benchmark*, yakni zona A TPA Cipayung.

Penurunan nilai pH air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah kandungan CO₂ di dalam air bersih, menurut Freeze & Cherry (1979), konsentrasi CO₂ di dalam air bersih dapat berpengaruh terhadap tingkat keasaman air bersih di wilayah tersebut. CO₂ yang terdapat di tanah akan berikatan dengan air yang kemudian akan membentuk senyawa H₂CO₃ dan membuat air bersih menjadi bersifat asam. Berikut persamaan reaksinya:



Faktor lainnya yang mempengaruhi perubahan nilai pH adalah indeks saturasi dan juga aktivitas bikarbonat dalam air. Indeks saturasi memiliki pengertian sebagai tingkat kelarutan suatu senyawa di dalam air. Hal ini dikarenakan semakin mudah larut suatu material di dalam air maka akan semakin mudah pula material tersebut bereaksi dengan senyawa lain sehingga menghasilkan ion H⁺ ke lingkungan yang meningkatkan keasamaan dalam air.

Sedangkan untuk aktivitas bikarbonat menggambarkan tentang reaksi yang terjadi antara kalsium karbonat dengan senyawa lainnya seperti karbon dioksida (CO₂) yang meningkatkan nilai pH dalam suatu perairan. Sebagai contoh aktivitas bikarbonat dalam air bersih dapat terlihat dalam persamaan reaksi sebagai berikut:



Penelitian serupa pernah dilakukan oleh E.O. Longe dan M.R. Balogun (2009), mereka meneliti tentang kualitas air bersih sekitar *landfill* di wilayah

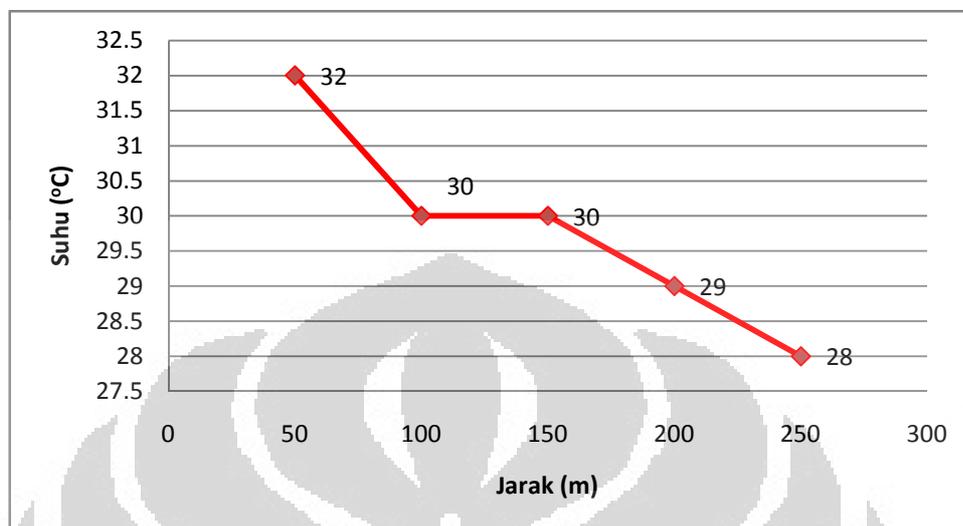
Lagos Nigeria. Dalam penelitian tersebut variasi jarak yang digunakan adalah 10 m, 20 m, 40 m, 107 m, 260 m, dan 375 m dengan nilai pH kualitas air bersih setelah pengujian adalah sebesar 7,07; 6,78; 5,30; 5,80; 5,76; dan 6,09 dengan nilai mean sebesar 6,13. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa nilai pH dari air bersih di wilayah sekitar *landfill* Lagos Nigeria bersifat asam dan secara garis besar mengalami penurunan meskipun pada jarak terjauh dari *landfill* nilai pH kembali meningkat. Mereka menyatakan bahwa penurunan nilai pH tersebut mengindikasikan proses anaerob atau tahapan proses fermentasi methanogenesis dari air lindi. Longe juga menyatakan bahwa keasaman alamiah dari air bersih wilayah Lagos cenderung tinggi yang dikontrol oleh lokasi hidrogeologikal Lagos.

Berdasarkan PERMENKES No. 492 Tahun 2010, dinyatakan bahwa rentang pH yang diizinkan sebagai sumber air minum sebesar 6,5-8,5. Sedangkan menurut PP No 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air pH untuk air kelas I, II, dan III berada pada rentang 6-9 dan untuk kelas IV berada pada rentang 5-9. Apabila kualitas air bersih sekitar TPA Cipayung dibandingkan dengan kedua baku mutu tersebut, dapat dikatakan bahwa pada jarak 50 m dan 100 m dengan nilai pH 8 dan 7 air bersih sekitar TPA Cipayung memenuhi baku mutu PERMENKES No 492 tahun 2010 dan juga PP No 82 tahun 2001 sebagai sumber air minum berdasarkan nilai pHnya. Untuk jarak 150 m hingga 250 m dengan nilai pH 5,5; 5; dan 4,5 air bersih bersifat asam dan tidak dapat digunakan sebagai sumber air minum hanya dapat digunakan untuk peruntukkan perkebunan, pertanian, atau kegiatan lainnya dengan kebutuhan nilai pH dalam rentang tersebut.

5.1.2 Parameter Suhu

Suhu menjadi salah satu parameter yang diperhatikan dalam menentukan kualitas air, yakni parameter fisik air. Hal ini dikarenakan kenaikan variasi suhu pada suatu sistem secara otomatis akan meningkatkan laju reaksi didalam sistem tersebut, salah satunya adalah reaksi yang mengikutsertakan enzim di dalamnya (Sawyer et al, 2002). Sehingga dengan demikian secara tidak langsung suhu menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keberadaan senyawa di dalam air

bersih. Perubahan nilai suhu yang terjadi pada saat pengukuran kualitas air bersih di sekitar wilayah TPA Cipayung terlihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 5.2 Perubahan Nilai Suhu Terhadap Jarak

Sumber: Pengolahan Penulis, 2012

Metode pengukuran suhu dilakukan berdasarkan peraturan SNI 06-6989.23-2005 yaitu dengan menggunakan termometer air dan dilakukan secara insitu atau pengukuran dilakukan di lokasi pengambilan sampel. Pengukuran insitu dimaksudkan agar hasil dapat merepresentasikan kondisi fisik air (suhu) yang sebenarnya dan mendekati nilai akurat.

Berdasarkan grafik 5.2 diatas diketahui bahwa nilai suhu di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung semakin menurun dengan bertambahnya jarak dari titik *benchmark*. Nilai suhu tersebut mulai dari jarak terdekat (50 m) hingga jarak terjauh (250 m) adalah 32°C, 30°C, 30°C, 29°C, dan 28°C. Penurunan nilai suhu dalam kualitas air bersih di wilayah sekitar TPA Cipayung ini menjadi salah satu indikator yang menandakan bahwa reaksi oksidasi reduksi di dalam air bersih tersebut semakin berkurang karena pada saat suhu tinggi bakteri pengurai aerobik akan semakin meningkatkan laju biodegradasinya sedangkan pada suhu rendah jumlah bakteri akan sebaliknya.

Perubahan suhu yang terjadi di dalam perairan dapat diakibatkan oleh dua faktor, yakni pengaruh dari alam ataupun pengaruh dari aktivitas manusia.

Untuk pengaruh dari alam terdapat dua penyebab yang mungkin terjadi, yaitu kedalaman lokasi air bersih dan juga musim yang sedang terjadi pada saat penelitian. Semakin dalam letak suatu perairan dari permukaan tanah, semakin rendah pula suhu air dalam wilayah, hal ini dikarenakan semakin berkurangnya intensitas matahari yang masuk ke dalam perairan tersebut. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari data sekunder, diketahui bahwa kedalaman sampel air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung adalah 8 m; 7 m; 8,5 m; 7,5 m; dan 7 m. Kedalaman air tanah yang kurang dari 40 m ini menandakan bahwa air yang digunakan warga bersumber dari air tanah dangkal.

Namun pada kasus ini tidak keseluruhan sampel air bersih diambil langsung dari tanah, hanya pada titik 1 yang berasal langsung dari air tanah sedangkan yang lainnya sudah dilakukan penyimpanan air tanah terlebih dahulu di dalam sebuah bak penampungan sehingga berpengaruh terhadap nilai suhu yang diperiksa. Untuk kemungkinan penyebab berdasarkan faktor alam yang kedua yakni musim, pengambilan keseluruhan sampel dilakukan pada bulan April dan hanya dilakukan satu kali sehingga tidak dapat dibandingkan dengan kondisi pada saat musim hujan. Pada bulan ini Indonesia sedang mengalami musim kemarau, sehingga memang keadaan suhu di udara lingkungan cukup tinggi dan pada akhirnya berpengaruh terhadap suhu air di dalam tanah ataupun didalam bak penampungan air akibat perambatan panas secara konveksi.

Faktor kedua yang mempengaruhi perubahan suhu di dalam perairan adalah pengaruh akibat kegiatan manusia. Dalam hal ini terdapat dua penyebab, yakni permukaan kedap air dan pelepasan air hangat. Permukaan kedap air memiliki pengertian kepada permukaan yang melimpaskan air hujan atau air yang jatuh ke atas permukaan tersebut yang pada akhirnya mengalirkan air ke suatu badan air. Sedangkan pelepasan air hangat memiliki pengertian sebagai pelepasan air hasil suatu kegiatan yang memiliki suhu diatas atau dibawah baku mutu sehingga menyebabkan perubahan suhu pada saat air tersebut dibuang ke badan air. Sebagai contoh ialah air buangan kegiatan industri yang memiliki suhu tinggi kemudian dibuang ke suatu sungai tanpa proses penetralan terlebih dahulu.

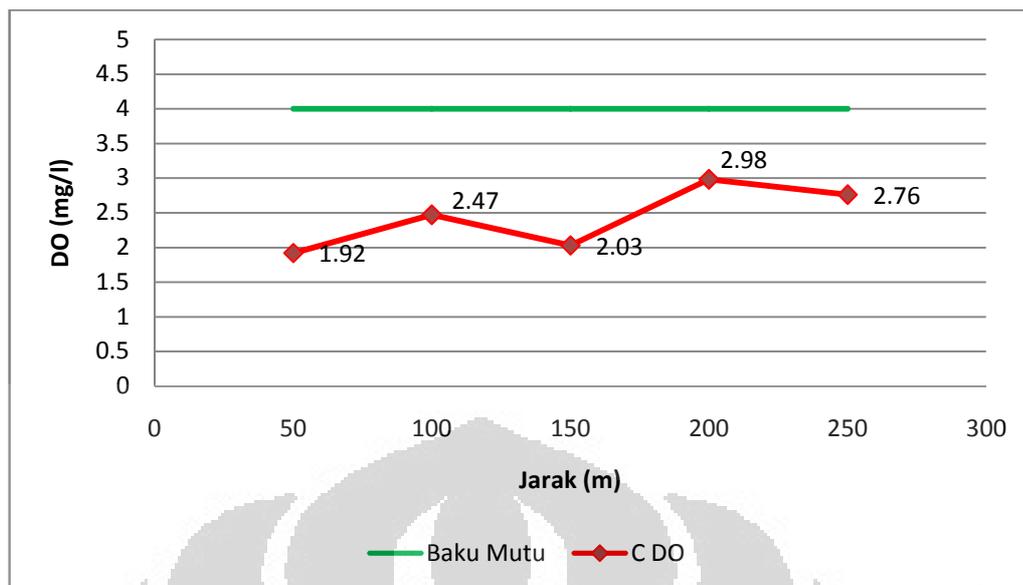
Untuk air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung, dapat dikatakan perubahan suhu yang terjadi pada variasi rentang jarak tidak

diakibatkan oleh kegiatan manusia. Hal ini dikarenakan air yang masuk ke dalam tanah akibat limpasan akan tersimpan di dalam tanah dan mengubah suhu awal pada saat air melimpas menjadi suhu yang setara dengan kondisi tanah tersebut. Selain itu tidak terdapat pula industri ataupun kegiatan yang menyebabkan pembuangan air dengan suhu sangat tinggi ataupun sangat rendah ke permukaan tanah yang menyebabkan perubahan suhu air di dalam tanah.

Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, suhu merupakan salah satu parameter fisik kualitas air yang memiliki nilai baku mutu deviasi 3 dari suhu alamiah lingkungan sekitar. Suhu dalam air tidak berpengaruh langsung terhadap kualitas air apabila air tersebut dikonsumsi ataupun digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun tinggi dan rendahnya suhu akan berpengaruh terhadap reaksi kimiawi terhadap material yang terkandung di dalam air tersebut seperti logam besi dan mangan. Untuk itulah apabila nilai suhu dalam air terlalu tinggi diatas suhu lingkungan sekitar, dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran kualitas air tersebut.

5.1.3 Parameter DO

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* memiliki pengertian sebagai sejumlah oksigen yang terlarut di dalam suatu perairan. Berdasarkan PP No 82 tahun 2001 DO merupakan salah satu parameter kimia organik kualitas air bersih dengan nilai baku mutu sebesar 6 mg/l untuk kelas I dan 4 mg/l untuk kelas II. Sebagai salah satu parameter kimia organik, tinggi rendahnya konsentrasi DO di dalam air dapat digunakan untuk memperkirakan reaksi yang terjadi di dalam air tersebut. Hal ini perubahan konsentrasi DO akan berbanding terbalik dengan nilai suhu serta laju reaksi yang terjadi di dalam perairan tersebut. Perubahan konsentrasi DO dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayang dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



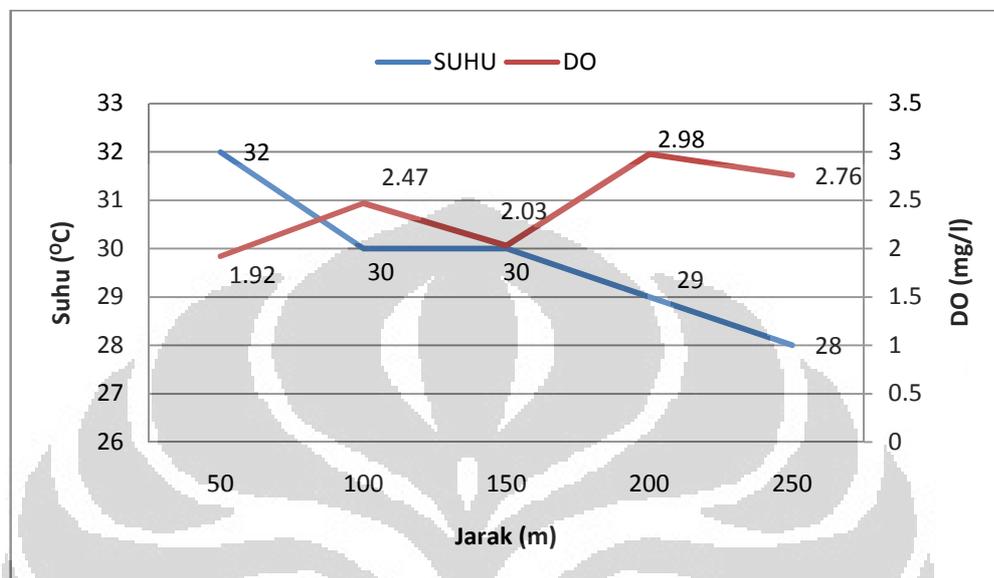
Gambar 5.3 Perubahan Nilai DO Terhadap Jarak

Sumber: Pengolahan Penulis 2012

Pengukuran oksigen terlarut air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung dilakukan dua jam setelah pengambilan sampel menggunakan alat DO meter di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia. Pengukuran oksigen terlarut seharusnya dilakukan secara insitu (pengukuran langsung di lokasi pengambilan sampel) tetapi karena keterbatasan sumber daya alat, maka pengukuran dilakukan di laboratorium. Walaupun demikian rentang waktu pengukuran dan pengambilan sampel relatif singkat sehingga diharapkan data yang dihasilkan dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan grafik 5.3 di atas terlihat bahwa nilai kelarutan oksigen secara garis besar meningkat seiring dengan penambahan jarak lokasi pengambilan sampel. Konsentrasi DO mulai dari jarak terdekat (50 m) hingga jarak terjauh (250 m) secara berurutan adalah 1,92 mg/l, 2,47 mg/l, 2,03 mg/l, 2,98 mg/l, dan 2,76 mg/l. Peningkatan konsentrasi DO pada lokasi penelitian menandakan bahwa reaksi senyawa yang terjadi di dalam air bersih semakin menurun dengan bertambahnya jarak hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa dikarenakan laju oksidasi biologis meningkat seiring kenaikan suhu, dan beban oksigen juga meningkat pada suhu tinggi maka kelarutan oksigen akan semakin rendah (Sawyer et al, 2003).

Perubahan konsentrasi DO didalam suatu perairan dapat disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah suhu dan pH air. Berikut perbandingan hasil antara suhu dengan DO parameter air tersebut:



Gambar 5.4 Hubungan Antara Suhu Dengan DO Air bersih

Sumber: Pengolahan Penulis 2012

Berdasarkan gambar 5.4 terlihat bahwa secara garis besar nilai suhu dalam air bersih semakin menurun seiring dengan pertambahan jarak dari lokasi *benchmark* sedangkan nilai konsentrasi DO bernilai sebaliknya yakni meningkat seiring dengan pertambahan jarak pengambilan sampel. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pada saat terjadi peningkatan suhu akan menyebabkan laju oksidasi biologis meningkat sehingga menaikkan beban oksigen dari suatu perairan dan pada akhirnya menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan tersebut.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh E.O Longe dan M. R. Bolugan mengenai pengukuran kualitas air bersih yang dilakukan di wilayah sekitar *landfill* Lagos, Nigeria, selain pengukuran terhadap nilai pH air mereka juga mengukur kandungan oksigen terlarut dalam air bersih tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui konsentrasi DO pada jarak 10 m, 20 m, 40 m, 107 m, 260 m, dan 375 m, adalah sebesar 3,94 mg/l; 2,91 mg/l; 3,10 mg/l; 3,01 mg/l; 3,00 mg/l; dan 3,18 mg/l. Nilai konsentrasi DO ini memiliki pola yang sama seperti

Universitas Indonesia

yang terjadi di TPA Cipayung, semakin jauh jarak dari titik *benchmark* nilai DO di air bersih wilayah sekitar *landfill* Nagos semakin meningkat. Mereka menyatakan bahwa tidak terdapat pencemraan langsung akibat air lindi yang dihasilkan *landfill* sehingga tidak berpengaruh terlalu besar terhadap konsentrasi oksigen terlarutnya (DO).

Apabila nilai konsentrasi DO dalam air bersih di wilayah sekitar TPA Cipayung dibandingkan dengan baku mutu PP No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran, yaitu memiliki nilai minimum 6 mg/l untuk kelas I, nilai minimum 4 mg/l untuk kelas II, nilai minimum 3 mg/l untuk kelas III, dan 0 mg/l untuk kelas IV, dapat dikatakan bahwa air bersih masuk ke dalam kelas IV yakni air diperuntukkan sebagai pengairan tanaman dan kebutuhan lainnya yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

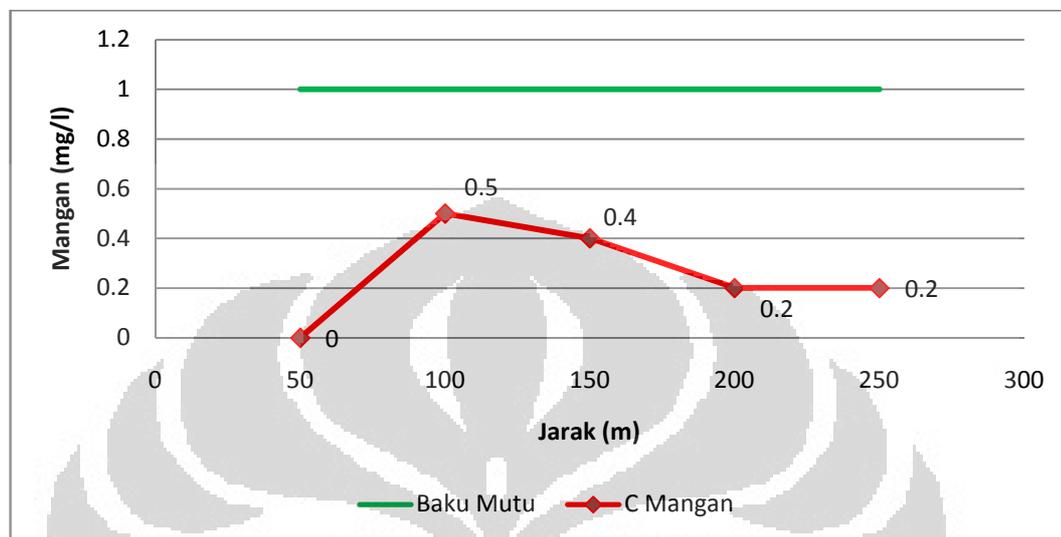
5.1.4 Parameter Mangan

Mangan merupakan salah satu jenis elemen alami yang biasa terdapat di dalam bebatuan, tanah, dan air. Untuk sumber alami mangan di tanah sebagian besar berasal dari bebatuan berkerak dan juga sisa material seperti dedaunan, tanaman mati dan hewan-hewan. Sedangkan akibat kegiatan manusia mangan berasal dari limpasan air limbah WWTP, emisi dari logam, dan juga produksi besi.

Keberadaan mangan memiliki pengaruh sangat penting terhadap kualitas air bersih. Hal ini dikarenakan mangan memiliki beberapa dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia ataupun berpengaruh terhadap sistem teknis dan permasalahan rasa apabila konsentrasinya di dalam air yang dikonsumsi melebihi standar yang ditentukan. Mengacu kepada PP No. 82 tahun Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, konsentrasi maksimum mangan dalam air yang digunakan sebagai sumber air minum adalah sebesar 1 mg/l.

Pengukuran sampel mangan dilakukan secara eksitu di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia dengan metode yang digunakan adalah SNI 06-6989.5-2004 yaitu cara uji mangan dengan spektrofotometri serapan atom. Jumlah sampel yang diperiksa sama dengan parameter lainnya, yakni lima sampel dengan masing-masing berasal dari titik yang berbeda.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, keseluruhan sampel air bersih yang diambil di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung memiliki konsentrasi mangan berada di bawah baku mutu PP No 82 tahun Berikut data hasil penelitian:



Gambar 5.5 Perubahan Nilai Mangan Terhadap Jarak

Sumber: Pengolahan Penulis, 2012

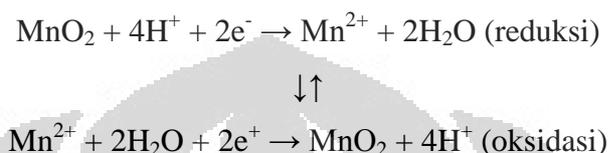
Berdasarkan grafik kualitas air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung diatas diketahui bahwa secara garis besar nilai konsentrasi mangan dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung menurun seiring bertambahnya jarak sampling dari titik *benchmark*. Pada jarak 50 m konsentrasi mangan bernilai 0 mg/l. Nilai ini kemungkinan besar didapat akibat kesalahan pada saat proses pengukuran menggunakan spektrofotometri. Sedangkan pada jarak 100 m, 150 m, 200 m, dan 250 m nilai konsentrasi mangan menurun mulai dari 0,5 mg/l, 0,4 mg/l, 0,2 mg/l, dan 0,2 mg/l.

Secara garis besar konsentrasi mangan berasal dari batuan alami yang terdapat didalam tanah, sedangkan akibat kegiatan manusia hanya sedikit sekali. Penurunan nilai mangan yang terjadi di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, parameter yang menjadi indikator konsentrasi mangan di dalam air adalah suhu dan oksigen terlarut (DO).

Seperti yang terlihat pada grafik 5.4 bahwa nilai suhu menurun seiring dengan bertambahnya jarak sedangkan nilai DO semakin meningkat siring dengan bertambahnya jarak. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendahnya suhu

Universitas Indonesia

menurunkan reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam air bersih sehingga menurunkan beban oksigen dan pada akhirnya meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air bersih. Penurunan reaksi redoks ini secara tidak langsung menurunkan konsentrasi mangan terlarut di dalam air bersih seiring bertambahnya jarak. Reaksi redoks yang mempengaruhi konsentrasi mangan di dalam air bersih antara lain sebagai berikut:



Berdasarkan persamaan redoks diatas diketahui bahwa pada saat reaksi reduksi mineral mangan yang terdapat di dalam air membutuhkan 4 (empat) molekul hidrogen dan dua (2) elektron asam untuk menghasilkan konsentrasi mangan terlarut di dalam air. Sedangkan pada reaksi oksidasi mangan yang terlarut dalam air melepaskan 2 (dua) elektronnya sehingga menurunkan kadar mangan di dalam air dan meningkatkan keasaman dalam air dengan melepaskan 4 (empat) molekul hidrogen ke air.

Reaksi yang terjadi di dalam air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung merupakan reaksi oksidasi. Hal ini dapat diketahui dari pengukuran nilai pH dan juga nilai konsentrasi mangan. Terlihat pada gambar 5.1 bahwa nilai pH di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung semakin menurun seiring bertambahnya jarak. Penurunan nilai pH menunjukkan bahwa air bersih semakin bersifat asam yang kemungkinan diakibatkan dari proses oksidasi mangan terlarut didalam air bersih sehingga meningkatkan kandungan hidrogen terlarut dan menurunkan konsentrasi mangan (Mn^{2+}) dalam air bersih.

Apabila nilai konsentrasi nilai mangan dibandingkan dengan baku mutu PP No 82 Tahun 2001, keseluruhan air sampel memiliki nilai di bawah standar baku mutu kelas I, yang artinya air bersih dapat digunakan sebagai sumber baku air minum. Namun warga sekitar tidak menggunakan air bersih sebagai sumber baku air minum, mereka hanya menggunakan air bersih untuk keperluan sehari-hari ini apabila air yang disalurkan dari mata air sedang habis.

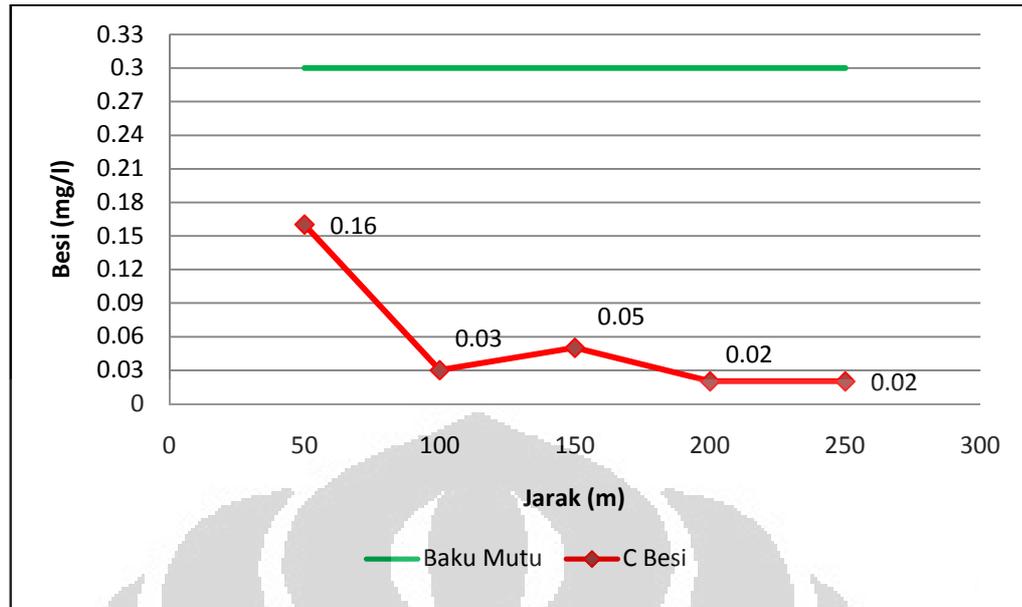
5.1.5 Parameter Besi

Pada dasarnya besi memiliki sumber yang hampir sama dengan mangan, yakni merupakan logam yang secara alamiah berasal dari batuan, tanah, sedimen, maupun air bersih. Besi dapat hadir di air dalam dua bentuk, sebagai ferrous (Fe^{2+}) mudah larut ataupun Ferric (Fe^{3+}) yang sukar larut. Air yang mengandung besi (Fe^{2+}) tidak berwarna namun saat terkena udara airnya akan mengembun menyebabkan presipitasi merah kecoklatan akibat kemunculan besi (Fe^{3+}).

Besi merupakan elemen penting yang diperlukan tubuh untuk menjaga dan mencegah terjadinya anemia pada seseorang. Namun apabila jumlahnya dalam air ataupun makanan yang dikonsumsi berlebihan dapat menyebabkan beberapa permasalahan kesehatan seperti kerusakan hati dan ginjal, merusak pembuluh darah, bahkan dapat menyebabkan kematian. Selain berdampak kesehatan, konsentrasi besi yang tidak dalam suatu air juga dapat menyebabkan kerusakan material apabila digunakan, seperti korosi pada pipa.

Untuk itulah diperlukan suatu batasan atau standar yang mengatur tentang konsentrasi besi di dalam air. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa peraturan yang mengatur mengenai konsentrasi mangan dalam air, diantaranya adalah PP No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, konsentrasi maksimum besi dalam air yang digunakan sebagai sumber air minum adalah sebesar 0,3 mg/l.

Pengukuran besi dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia secara eksitu dengan metode yang digunakan adalah SNI 06-6989.4-2004 yaitu cara uji besi dengan spektrofotometri serapan atom. Sama seperti parameter lainnya, diambil sebanyak 5 dari pemukiman warga sekitar TPA Cipayung dengan masing-masing sampel berselang jarak 50 meter untuk mengetahui variasi data hasil pengukuran. Berikut grafik data hasil pengukuran yang telah dilakukan:

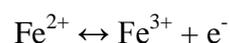


Gambar 5.6 Perubahan Nilai Besi Terhadap Jarak

Sumber: Pengolahan Penulis, 2012

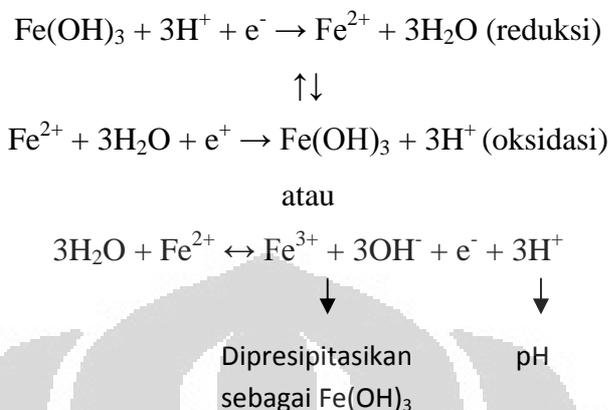
Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa nilai besi di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung semakin menurun seiring dengan pertambahan jarak dari *benchmark*. Pada jarak 50 m konsentrasi besi adalah 0,16 mg/l, jarak 100 m sebesar 0,03 mg/l, jarak 150 m sebesar 0,05 mg/l, dan pada jarak 200 m serta 250 m sebesar 0,02 mg/l. Penurunan nilai konsentrasi besi seiring pertambahan jarak di dalam air bersih ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain reaksi oksidasi-reduksi, aktivitas metabolik bakteri, ataupun material organik.

Karena besi merupakan elemen logam terbanyak kedua di permukaan bumi (Hem, 1985), besi dalam air bersih kemungkinan berasal dari banyak variasi sumber mineral. Besi memiliki dua tingkatan oksidasi di alam, yaitu divalen (ferrous) Fe^{2+} dan trivalen (ferric) Fe^{3+} . Satu tingkat dapat berubah ke tingkat lainnya melalui proses pertukaran electron, seperti yang terlihat pada persamaan reaksi di bawah ini:



Untuk air bersih yang yang dikelilingi dengan lapisan akuifer, seperti di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung, konsentrasi Fe dalam larutan di normalkan melalui proses pemutusan mineral yang berhubungan dengan Fe^{3+} ,

biasanya adalah *oxyhydroxide*. Apabila *oxyhydroxide* direpresentasikan dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, maka yang terjadi reksinya adalah sebagai berikut:



Sama halnya yang terjadi dengan konsentrasi mangan di dalam air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung, konsentrasi besi pun demikian. Berdasarkan persamaan redoks diatas, diketahui bahwa pada saat proses reduksi *oxyhydroxide* berikatan dengan 3 (tiga) molekul hidrogen dan juga membutuhkan 1 (satu) elektron untuk mengubahnya menjadi besi Fe^{2+} yang memiliki sifat mudah larut di dalam air. Sedangkan pada saat oksidasi terjadi proses sebaliknya, besi terlarut (Fe^{2+}) dalam air melepaskan 1 (satu) buah elektronnya yang kemudian membentuk *oxyhydroxide* Fe^{3+} yang bersifat sukar larut di dalam air dan juga menambahkan 3 (tiga) molekul hidrogen (H^+) kedalam air sehingga menyebabkan air menjadi bersifat lebih asam.

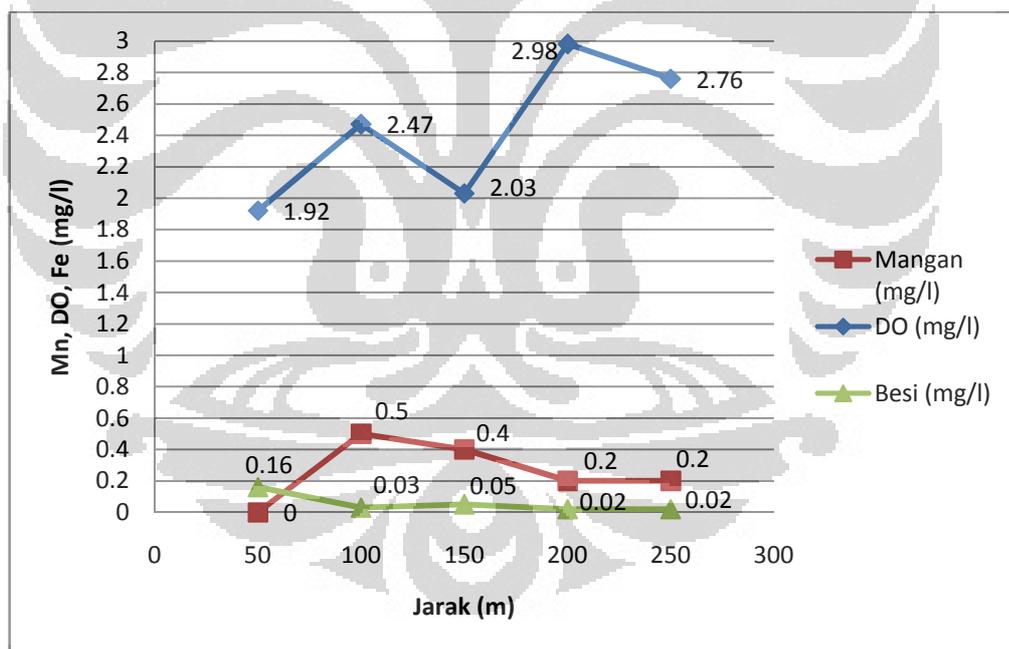
Faktor yang mempengaruhi kadar Ferric (Fe^{3+}) dalam air bersih adalah konsentrasi elektron di air yang diukur serta konsentrasi hidrogen yang direpresentasikan dalam bentuk pH. Di alam, nilai pH serta elektron yang tinggi biasanya disebabkan oleh bakteri yang biasa disebut dengan bakteri besi. Bakteri ini menyerap elektron yang terkandung di dalam air untuk dijadikan sebagai sumber energi dalam proses metabolisme mereka.

Bakteri besi merupakan jenis bakteri aerob dimana mereka mengeluarkan kotoran yang mengandung *ferric hydroxide* ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) pada saat berekskresi. Sedikitnya terdapat 18 jenis bakteri yang dikarakteristikan sebagai bakteri besi, namun yang paling sering dihubungkan dengan kualitas air bersih adalah *Gallionella*, *Sphaerotilus* dan *Leptothrix*. Sumber asli dari bakteri besi ini belum

diketahui sampai saat ini, pada banyak kasus, bakteri besi telah ada di dalam air bersih sebelum tanah tersebut digali dan digunakan.

Berdasarkan penjelasan dan data yang telah dihasilkan dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi di dalam air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung adalah reaksi oksidasi besi terlarut Fe^{2+} yang kemudian menghasilkan $Fe(OH)_3$ dan juga molekul hidrogen yang menurunkan konsentrasi besi terlarut dan nilai pH sehingga air menjadi bersifat lebih asam seiring bertambahnya jarak lokasi sampling dari titik *benchmark*, seperti yang terlihat pada gambar 5.1.

Apabila dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001, nilai konsentrasi besi maksimum air bersih yang boleh dijadikan sebagai sumber baku air minum (Kelas I) adalah sebesar 0,3 mg/l dan data hasil penelitian menunjukkan bahwa keseluruhan sampel air yang diukur memiliki nilai kurang dari baku mutu sehingga layak digunakan sebagai sumber air minum.



Gambar 5.7 Hubungan Antara DO, Besi, Mangan

Sumber: Pengolahan Penulis, 2012

Seperti yang telah dibahas dalam bab tinjauan pustaka, bahwa mangan (Mn) dan besi (Fe) merupakan logam yang secara alamiah terdapat di tanah, batuan, serta mineral. Dalam perairan, khususnya air bersih, apabila bersentuhan dengan material padat yang mengandung besi dan mangan maka air bersih akan

Universitas Indonesia

melarutkan konstituen tersebut didalam airnya. Tingkatan tinggi atau rendahnya konsentrasi besi dan mangan di dalam air bersih bergantung kepada jumlah oksigen terlarut (DO) serta kondisi keasamaan air bersih tersebut (pH).

Terlihat pada grafik hubungan antara besi, mangan dan DO dalam air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung diatas bahwa pada saat jarak lokasi pengambilan sampel paling dekat (50 m) dengan *benchmark*, konsentrasi DO memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan pada jarak lainnya, sebesar 1,92 mg/l kemudian nilai konsentrasi DO semakin meningkat seiring bertambahnya jarak pengambilan sampel dari titik *benchmark*. Sedangkan besi bernilai sebaliknya, yaitu pada jarak 50 m konsentrasi besi berada pada konsentrasi tertinggi sebesar 0,16 mg/l. Untuk nilai konsentrasi mangan memang terdapat perbedaan nilai di titik terdekat pengambilan sampel dengan nilai konsentrasi sebesar 0 mg/l, namun meskipun demikian pada dasarnya nilai konsentrasi mangan dan besi memiliki pola yang sama yakni nilai konsentrasi semakin rendah dengan bertambahnya jarak pengambilan sampel dari titik *benchmark*.

Perbedaan hasil konsentrasi mangan, besi dan DO menunjukkan bahwa aktivitas reaksi oksidasi di dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung semakin rendah seiring dengan bertambahnya jarak dari titik *benchmark*. Hal ini dikarenakan proses oksidasi besi dan mangan membutuhkan oksigen sehingga menaikkan beban oksigen air bersih dan pada akhirnya menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air bersih.

Berdasarkan penjelasan mengenai data hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas air di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung bertambah baik terhadap lokasi yang letaknya semakin jauh dari titik *benchmark*. Hal ini ditandai dengan semakin berkurangnya nilai konsentrasi mangan dan besi di dalam air bersih serta semakin meningkatnya kandungan oksigen terlarut di dalam air bersih meskipun untuk nilai pH semakin jauh dari lokasi, air bersih semakin bersifat asam.

5.2 Analisa Pengaruh Keberadaan TPA Terhadap Kualitas Air bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya

TPA Cipayung berlokasi di kecamatan Pancoranmas kelurahan Cipayung, TPA ini menampung sampah dari keseluruhan warga Depok. Luasan yang dimiliki adalah sekitar 11,2 hektar dengan area *landfill* 5,1 hektar. Terdapat tiga zona pembuangan sampah di *landfill* ini, zona A, B, dan C namun yang masih dapat dimanfaatkan adalah zona A dan B sedangkan zona C sudah ditutup.

Wilayah penelitian yang dilakukan adalah di pemukiman sekitar TPA Cipayung sebelah tenggara TPA Cipayung dengan zona A sebagai *benchmark*. Kondisi fisik geografis wilayah sekitar TPA Cipayung antara lain sebagai berikut:

- Memiliki jenis tanah latosol merah
- Ketinggian lokasi *landfill* sejajar (sekitar 125 m diatas permukaan laut) dengan lokasi penelitian (sebelah tenggara TPA, yaitu Kampung Bulak).
- Lokasi terdekat pemukiman warga dari *landfill* berjarak 50 m
- Arah aliran air tanah menuju ke kontur yang paling rendah, yaitu kali Pesanggrahan

Pengelolaan sampah di TPA Cipayung menggunakan sistem *control landfill* dengan beberapa perlakuan khusus, yang pertama adalah pengurangan sampah melalui proses pemilahan dan pengomposan. Setiap harinya sekitar 700 m³ – 800 m³ sampah masuk ke TPA Cipayung, kemudian dilakukan proses pengurangan volume sampah hingga menjadi sekitar 450 m³. Residu sampah yang telah diproses masuk ke area *landfill* dengan komposisi 72,97% sampah organik dan 27,03% sampah anorganik. Persentase untuk residu sampah berupa logam sendiri adalah 1,37 % dari total sampah yang masuk, dengan kata lain volume logam yang terpendam di area *landfill* setiap harinya adalah 6,23 m³ (Studi ANDAL TPA Cipayung dalam Rencana Induk Persampahan Kota Depok, 2008).

Perlakuan kedua yang dilakukan pihak pengelola TPA Cipayung adalah perlakuan khusus dalam penanganan media. Fasilitas yang disediakan pihak pengelola antara lain lapisan barrier pembatas (*geomembran*), saluran pembuangan gas methana, saluran pembuangan air limbah sampah (licit), dan penutupan sampah dengan tanah (*cover soil*). Sarana pendukung lingkungan lainnya yang dimiliki oleh TPA Cipayung adalah sumur pantau untuk menguji

kualitas air bersih disekitar area TPA dan *bufferzone* berupa beton pembatas untuk membatasi proses pengelolaan di lokasi TPA agar tidak mengganggu warga sekitar. Keseluruhan perlakuan ini dilakukan oleh pihak pengelola dengan tujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran yang ditimbulkan akibat dari timbunan sampah dari area *landfill* terhadap masyarakat sekitar, baik berupa pencemaran udara ataupun pencemaran air.

Informasi mengenai kondisi fisik, fasilitas serta kegiatan operasional yang dilakukan tersebut dapat dijadikan pertimbangan dalam menganalisa hubungan antara pengaruh lokasi TPA Cipayung terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya.

Kontaminan yang masuk ke dalam air bersih dapat juga ditransmisikan melalui proses infiltrasi dari permukaan tanah, kemampuan sistem akuifer terhadap kontaminan bergantung kepada material pembentuk lapisan akuifer. Pada umumnya, tanah yang terbentuk dari jenis batuan pasir dapat dengan mudah mentransmisikan air dari permukaan tanah namun jenis batuan ini mampu juga menyaring kontaminan yang terdapat dalam air permukaan tersebut. Sedangkan tanah yang banyak mengandung lempung biasanya memiliki konduktivitas hidraulik vertikal yang lebih rendah dibandingkan dengan pasir dan kerikil sehingga membatasi pergerakan air yang terkontaminasi. Selain itu, arah aliran air tanah di wilayah TPA Cipayung menuju ke kali Pesanggrahan karena kontur di lokasi ini lebih rendah dibandingkan kontur di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung sehingga air lindi yang dihasilkan dari area *landfill* TPA Cipayung akan mengalir ke arah kali Pesanggrahan bukan ke wilayah pemukiman.

Salah satu persyaratan pendirian lokasi TPA adalah lapisan tanah dasar TPA harus kedap air, hal ini dimaksudkan untuk menghambat daya resap lindi yang dihasilkan dalam pengelolaan sampah, sehingga tidak mencemari air bersih. Terkontaminasinya air bersih oleh air lindi sangat tergantung pada permeabilitas tanah yang disyaratkan dalam kriteria SK SNI yaitu dengan harga kelulusan $< 10^{-6}$ cm/det atau dengan harga kelulusan 10^{-6} cm/det - 10^{-9} cm/det.

TPA Cipayung dan wilayah sekitarnya termasuk wilayah pemukiman memiliki jenis tanah berupa latosol merah. Jenis tanah ini memiliki sifat fisik hampir sama seperti tanah liat (clay) karena 65% komponennya merupakan tanah

liat. Berdasarkan literatur diketahui bahwa tanah liat memiliki persentase kelolosan yang rendah yaitu sekitar 1-5% saja. Lapisan barrier pembatas (*geomembran*) yang dipasang di dasar kolam setiap zona *landfill* meningkatkan pencegahan kemungkinan meresapnya air licit yang dihasilkan dari timbunan sampah kedalam air bersih sehingga material yang melewati tanah sulit untuk bergerak sehingga kemungkinan kecil konsentrasi mangan dan besi di dalam tanah berasal dari bahan atau material luar.

Selanjutnya adalah ketinggian lokasi *landfill* TPA Cipayung yang sejajar dengan lokasi penelitian, yakni Kampung Bulak sedangkan untuk kontur yang lebih rendah berada di daerah sekitar Kecamatan Sawangan, yang mana berbatasan dengan kali Pesanggrahan. Air bersih akan mengalir dari wilayah akuifer tinggi menuju ke akuifer yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa perambatan air bersih yang dihasilkan dari lokasi *landfill* TPA Cipayung memiliki kemungkinan besar untuk mengalir ke arah kali Pesanggrahan dibandingkan ke arah Kecamatan Sawangan.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Arbain et al (2008) dalam penelitiannya yang memiliki tema Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Sekitarnya di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar menunjukkan hasil bahwa semua parameter kualitas air bersih yang diperiksa mencakup parameter fisik dan kimiawi melebihi baku mutu air bersih PP No 82 tahun 2001 kelas I pada jarak 1-125 m dari TPA sedangkan pada titik sampel lainnya pada jarak 125 – 250 m; 250 – 375 m; dan jarak yang agak jauh dari TPA kualitas air tanah berada di bawah baku mutu. Ini menandakan bahwa semakin jauh dari TPA Suwung kualitas air tanah semakin baik, sama seperti yang terjadi pada hasil penelitian ini.

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan, kondisi fisik TPA Cipayung yang sesuai dengan persyaratan, kegiatan operasional pengelola TPA, dan pembangunan fasilitas pendukung dapat dikatakan mampu untuk meminimalisasi terjadinya pencemaran terhadap air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya sehingga tingkat pencemaran besi dan mangan dalam air bersih berada di bawah baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil serta pembahasan di dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Air bersih yang berada di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung Depok mulai dari jarak 50 m hingga 250 m arah tenggara TPA memiliki konsentrasi mangan di bawah baku mutu (PP No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air) yaitu 1 mg/l dengan nilai sebesar 0 mg/l; 0,5 mg/l; 0,4 mg/l; 0,2 mg/l; dan 0,2 mg/l.
2. Air bersih yang berada di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung Depok mulai dari jarak 50 m hingga 250 m arah tenggara TPA memiliki konsentrasi besi di bawah baku mutu (PP No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air) yaitu 0,3 mg/l dengan nilai sebesar 0,16 mg/l; 0,03 mg/l; 0,05 mg/l; 0,02 mg/l; dan 0,02 mg/l.
3. Hubungan antara nilai suhu dengan konsentrasi besi dan mangan di dalam air bersih wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung adalah berbanding lurus, semakin jauh dari *benchmark* (zona A) nilai suhu serta besi dan mangan semakin rendah.
4. Hubungan antara nilai pH dan dengan konsentrasi besi dan mangan di dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung adalah berbanding lurus, semakin jauh dari *benchmark* (zona A) nilai pH serta besi dan mangan semakin rendah.
5. Hubungan antara nilai oksigen terlarut (DO) dengan konsentrasi besi dan mangan di dalam air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung adalah berbanding terbalik, semakin jauh dari *benchmark* (zona A) nilai DO semakin tinggi sedangkan nilai besi dan mangan semakin rendah.
6. Keberadaan TPA Cipayung tidak menurunkan kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitarnya, hal ini dikarenakan lokasi penempatan TPA telah

mengikuti kriteria dan juga adanya perlakuan khusus untuk mencegah terjadinya pencemaran air bersih.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil serta pembahasan di dalam penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Pengontrolan terhadap kualitas air bersih di wilayah sekitar TPA Cipayung tidak hanya dilakukan dengan sampel yang berasal dari sumur pantau saja tetapi juga sampel yang berasal dari pemukiman warga.
2. Diperlukan data tentang kondisi geologis tanah seperti hidrogeologi dan kondisi kimiawi lapisan tanah di wilayah sekitar TPA Cipayung sehingga dapat mengetahui kondisi air bersih di wilayah tersebut lebih mendetail.
3. Diperlukan pengamatan secara rutin dan berkesinambungan terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman sekitar TPA Cipayung untuk mengetahui perubahan kualitas air bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyarat, Agus. (2006). *Kajian Terhadap Penetapan Lokasi TPA Sampah Leuwinanggung – Kota Depok*. Semarang
- Chapman, Deborah. (1996). *Water Quality Assessment – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring – Second Edition*. ISBN 0 419 21590 5.
- C. O’Keefe, Thomas et al. (2002). *Introduction to Watershed Ecology*. Washington.
- Danaryanto et al. (2010). *Manajemen Air bersih Berbasis Cekungan Air bersih*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Deas et al. (2000). *Water Temperature Modelling Review*. Central Valley
- Department of Public Health and Environment. (2004). *Iron Bacteria*. Washington.
- Foster, Stephen et al. (2002). *Groundwater Quality Protection Defining Strategy and Setting Priorities*. USA: The World Bank.
- Fred Lee, G et al (1993). *Groudwater Quality Monitoring at Lined landfills*. California
- Freeze, R.a. & Cherry, J.A. (1979). *GROUNDWATER*. New Jersey: Pretice-Hall, Inc.
- Howe, P. D et al. (2005). *Manganese and Its Compounds: Environmental Aspects*. Geneva: World Health Organization.
- Idoko, Ocheri Maxwell. (2010). *Seasonal Variation in Iron in Rural Groundwater of Benue State, Middle Belt, Nigeria*. Pakistan Journal of Nutrition (9): 892-895

- Japan International Cooperation Agency (JICA). (2003). *Draft Naskah Akademis Rancangan Peraturan Perundang-undangan Pengelolaan Persampahan*. Jakarta.
- J. Daughney, Christopher. (2003). *Iron and Manganese in New Zealand's Groundwater*. Journal of Hydrology (NZ) 42 (1).
- Longe, E.O and Balogun, M. R. (2009). *Groundwater Quality Assessment near a Municipal Landfill, Lagos, Nigeria*. Nigeria: Maxwell Scientific Organization.
- Philips, Nancy. (2010). *Groundwater & Surface Water: Understanding The Interaction Second Edition*. California.
- Sawyer, C.N., McCarty, P. L. & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry of Environmental Engineering and Science*. New York: McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, George et al. (1993). *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill.
- Thomas, N. E et al. (1970). *Temporal Changes in Manganese Concentration in Water from Fredericton Aquifer*. New Brunswick
- Todd, David Keith & Mays, Larry W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed). United States of America : John Wiley & Sonc, Inc.
- Winter, Thomas C et al. (1998). *Groundwater and Surface Water A single Resource*. Colorado.

LAMPIRAN 1
DOKUMENTASI PENELITIAN

LOKASI PENELITIAN	
 <p style="text-align: center;">Jarak 50 m</p>	 <p style="text-align: center;">Jarak 100 m</p>
 <p style="text-align: center;">Jarak 150 m</p>	 <p style="text-align: center;">Jarak 200 m</p>
 <p style="text-align: center;">Jarak 250 m</p>	 <p style="text-align: center;">Jalan Menuju Lokasi Pemukiman</p>

FASILITAS PENDUKUNG TPA CIPAYUNG



UPS Cipayung



Instalasi Pengolahan Air Licit



Lapisan Geomembran



Sumur Pantau



Saluran Pembuangan Licit



Final Cover Soil Zona C

Universitas Indonesia

KONDISI FISIK TPA CIPAYUNG**Kondisi Jalan Masuk Area *Landfill*****Jenis Tanah (Latosol Merah)****Berbatasan dgn Kali Pesanggarahn****Area *Landfill* TPA Cipayung**

LAMPIRAN 2

DATA HASIL UJI KUALITAS SUMUR PANTAU

Parameter	Satuan	Hasil	Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990	Metoda Analisa/ Teknik
FISIKA				
pH		7.47	6.5 - 9.0	SNI. 06-6989.11-2004
Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/ltr	122	1500	SNI. 06-6989.27-2005
Kekeruhan	NTU	5.75	25	SNI. 06-6989.25-2005
Rasa	-	Tidak terasa	Tidak terasa	Organoleptik
Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Organoleptik
Warna	PtCo	5	50	SNI. 06-6989.24-2005
Temperatur Udara (Insitu)	°C	24.5	-	SNI. 06-6989.23-2005
Temperatur Air (insitu)	°C	23	± 3°C	SNI. 06-6989.23-2006
KIMIA				
Nitrat (NO ₃ - N)	mg/ltr	0.26	10	SNI. 06-6989.74-2009
Nitrit (NO ₂ - N)	mg/ltr	0.003	1.0	SNI. 06-6989.9-2004
Kesadahan (CaCO ₃)	mg			
Kalsium Permanganat (KMnO ₄)	CaCO ₃ /ltr	71.9	500	SNI. 06-6989.12-2004
	mg/ltr	3.97	10	SNI. 06-6989.22-2004
Klorida (Cl)	mg/ltr	9.7	600	SNI. 06-6989.19-2009
Sulfat (SO ₄)	mg/ltr	14.8	400	SNI. 06-6989.20-2009
Deterjen	mg/ltr	0.05	0.5	SNI. 06-6989.51-2005
Besi (Fe)	mg/ltr	2.32	1.0	SNI. 06-6989.4-2009
Timbal (Pb)	mg/ltr	<0.01	0.05	SNI. 06-6989.8-2009
Mangan (Mn)	mg/ltr	2.58	0.5	SNI. 06-6989.5-2009
Tembaga (Cu)	mg/ltr	<0.003	1.0	SNI. 06-6989.6-2009
Kadmium (Cd)	mg/ltr	<0.002	0.005	SNI. 06-6989.16-2009
Seng (Zn)	mg/ltr	0.55	15	SNI. 06-6989.7-2009
Arsen (As)	mg/ltr	<0.0002	0.05	SNI. 06-6989.54-2005
Selenium (Se)	mg/ltr	<0.005	0.01	AAS
Sianida (CN)	mg/ltr	<0.01	0.1	SNI. 19.1504-1989
Merkuri (Hg)	mg/ltr	<0.0002	0.001	AAS
Kromium 6 (Cr ⁶⁺)	mg/ltr	<0.01	0.05	SNI. 06-6989.71-2009
Fluorida (F)	mg/ltr	0.08	1.5	SNI. 06-6989.29-2005
Coliform	Jml/ 100 ml	3 x 10 ³	50	MPN

LAMPIRAN 3

**DATA HASIL UJI KUALITAS AIR BERSIH WILAYAH PEMUKIMAN
SEKITAR TPA CIPAYUNG**

JARAK	Kedalaman (m)	pH	SUHU	DO	MANGAN	BESI
			(°C)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
50	8	8	32	1,92	0	0,16
100	7	7	30	2,47	0,5	0,03
150	8,5	5,5	30	2,03	0,4	0,05
200	7	5	29	2,98	0,2	0,02
250	7,5	4,5	28	2,76	0,2	0,02

