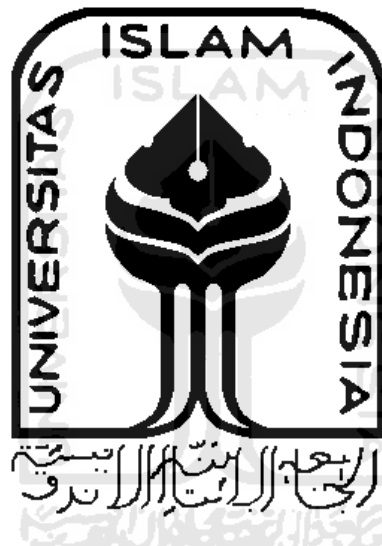


TUGAS AKHIR

**ANALISA KARAKTER TIMBULAN LINDI (pH, COD,
BOD DAN TSS) DARI BERBAGAI UMUR SAMPAH
PERKOTAAN MENGGUNAKAN KOLOM LANDFILL
SECARA SERI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



NUGROHO TRI HUTOMO

07 513 023

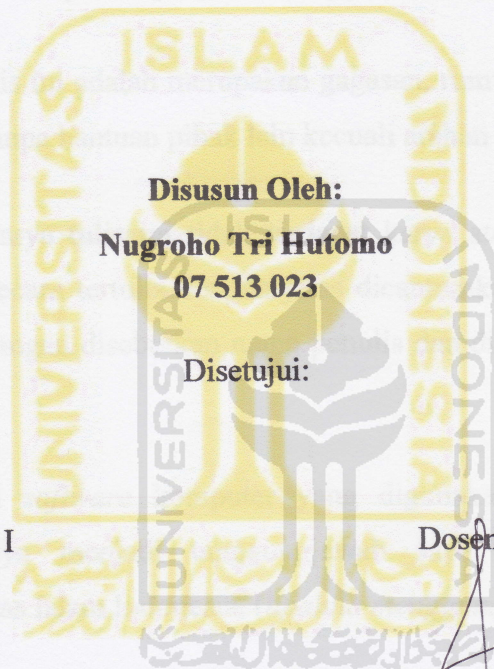
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2011

TUGAS AKHIR

ANALISA KARAKTER TIMBULAN LINDI (pH, COD, BOD dan TSS) DARI BERBAGAI UMUR SAMPAH PERKOTAAN MENGGUNAKAN KOLOM LANDFILL SECARA SERI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

Nugroho Tri Hutomo

07 513 023

Disetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Kasam, MT

Tanggal: 27-12-2011

Hudori, ST., MT

Tanggal: 2/ '2012

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Luqman Hakim, ST., M.Si.

Tanggal: 5/ 2012

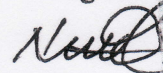
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 27 Desember 2011

Yang men



Nugroho Tri Hutomo

NIM : 07 513 023

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, Sang pencipta alam semesta, Pemilik dari nama-nama yang paling indah. Dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Karakter Timbulan Lindi (pH, BOD, COD dan TSS) Dari Berbagai Umur Sampah Perkotaan Menggunakan Kolom *Landfill* Secara Seri” dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dapat menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini, tidak lepas dari motivasi dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penyusun mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang banyak memberikan Ilmu dan Pengalamannya.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hudori ST, MT selaku dosen pembimbing II arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen Jurusan teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Agus Adi Prananto, SP, Bapak Tasyono , ST dan Mas Iwan Ardiyanta, ST yang telah membantu dan membimbing penyusun dalam pelaksanaan Augas Akhir di Laboratorium.
6. Kawan-kawan mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan dukungannya.
7. Teman-teman seperjuangan, Annurakis, Ragil Budi R, Yudha Pahing. P,

Agung S, M. Aulya Muke, dan Aditya N, terima kasih atas dukungan dan bantuannya.

Kami menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun kami berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Lingkungan.

Semoga apa yang penyusun sampaikan dalam laporan ini dapat berguna bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa maupun siapa saja yang membutuhkannya.

Wassalamualaikum. Wr.Wb.



Yogyakarta, 27 Desember 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
Halaman Pernyataan.....	ii
Halama Persembahan.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar.....	xi
Lampiran.....	xii
Abstaraksi.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Sampah.....	5
2.1.1 Jenis Sampah.....	5
2.1.2 Laju Timbunan Sampah.....	7
2.1.3 Komposisi Sampah.....	7
2.1.4 Karakteristik Sampah.....	8
2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	11

2.2.1	<i>Landfilling</i>	11
2.2.2	Dekomposisi Sampah Dalam <i>Landfill</i>	12
2.3	Pengelolaan Sampah Di TPA Piyungan.....	14
2.3.1	Gambaran Umum TPA Piyungan.....	14
2.3.2	Kondisi Geografi TPA Piyungan.....	16
2.3.3	Iklim Wilayah TPA Piyungan.....	17
2.3.4	Sistem Pengelolaan Sampah Di TPA Piyungan.....	17
2.3.4.1	Pengangkutan.....	17
2.3.4.2	Pengolahan Lindi Di TPA Piyungan.....	17
2.4	Lindi.....	18
2.4.1	Pengertian Lindi.....	18
2.4.2	Mekanisme Lindi.....	19
2.4.3	Komposisi dan Karakteristik Lindi.....	21
2.4.4	Penanganan Lindi.....	26
2.4.4.1	Pengendalian Lindi.....	26
2.4.4.2	Pengolahan Lindi.....	26
2.5	Parameter Kualitas Lindi.....	28
2.5.1	pH (Derajat Keasaman).....	28
2.5.2	BOD (<i>Biological Oksigen Demand</i>).....	29
2.5.3	COD (<i>Chemichal Oksigen Demand</i>).....	30
2.5.4	TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	32
 BAB III METODELOGI PENELITIAN		
3.1	Jenis Penelitian.....	33
3.2	Lokasi Penelitian	33

3.3 Waktu Penelitian.....	33
3.4 Metode Pengumpulan Data	34
3.5 Bahan Dan Alat Penelitian.....	34
3.4.2 Bahan.....	34
3.4.1 Alat.....	35
3.6 Metode Sampling dan Pengukuran.....	36
3.6.1 Metode Sampling.....	36
3.6.2 Metode Pengukuran	37
3.6.3 Pengujian Laboratorium.....	37
3.7 Pengolahan Data.....	39
3.8 Hipotesa.....	40
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Umum	42
4.2 Pengujian Karakteristik Sampah.....	42
4.2.1 Hasil Pengujian Komposisi Sampah.....	42
4.2.2 Hasil Pengujian Kadar Abu, Kadar Air, Kadar Volatil dan Berat jenis sampah.....	44
4.3 Hasil Pengujian Lindi.....	47
4.3.1 Hasil dan Pembahasan Volume Lindi.....	47
4.3.2 Hasil dan Pembahasan PH.....	50
4.3.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian COD.....	52
4.3.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian BOD.....	55
4.3.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian TSS.....	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi



DAFTAR TABEL

2.1	Data Penimbunan Sampah Di TPA Piyungan.....	15
2.2	Karakteristik Air Lindi Di TPA Piyungan.....	18
2.3	Tipikal Konsentrasi Lindi Muda Dan Lindi Tua.....	23
2.4	Karakteristik lindi dalam fase acidogenik dan methanogenik.....	24
2.5	Hubungan antara usia TPA, karakteristik lindi dan pengolahannya.....	27
3.1	Data umur sampah di TPA Piyungan berdasarkan tahun dan tempat penimbunan.....	37
3.2	Standar Pengujian Parameter.....	39
4.1	Komposisi Sampah TPA Piyungan.....	43
4.2	Data Pengujian Karakteristik sampah.....	45
4.3	Data penambahan air dan akumulasi lindi keluar.....	48
4.4	Hasil pengujian pH.....	50
4.5	Hasil pengujian COD.....	53
4.6	Hasil pengujian BOD.....	56
4.7	Hasil pengujian TSS.....	59

DAFTAR GAMBAR

2.1	Pembuatan sel-sel sampah.....	12
2.2	Tahapan utama proses degradasi sampah di TPA.....	14
2.3	Peta layout TPA Piyungan.....	15
2.4	Lokasi TPA Piyungan.....	16
2.5	Skema aliran air melalui celah pada sampah perkotaan.....	20
2.6	Skema terjadinya lindi.....	21
2.7	Perubahan rasio konsentrasi lindi dengan penambahan umur sampah.....	25
3.1	Desain kolom landfill.....	35
3.2	Desain kolom landfill secara seri.....	36
3.3	Diagram alir metode penelitian.....	41
4.1	Data pengujian karakteristik sampah.....	45
4.2	Akumulasi perbedaan jumlah air yang masuk dengan air lindi keluar.....	48
4.3	Data perubahan pH lindi setiap kolom pada berbagai waktu.....	51
4.4	Perubahan konsentrasi COD setiap kolom pada berbagai waktu.....	53
4.5	Perubahan konsentrasi BOD setiap kolom pada berbagai waktu.....	56
4.6	Perubahan konsentrasi TSS setiap kolom pada berbagai waktu.....	59

ABSTRAKSI

Pembuangan Akhir Sampah (TPA) merupakan salah satu sistem dalam pengelolaan sampah yang diterapkan di Indonesia. Penyingkiran sampah ke dalam tanah umumnya dilakukan dengan pengurugan atau penimbunan dikenal sebagai *landfilling*. Sampah yang ditimbun dalam jangka waktu tertentu akan mengalami pembusukan dan dalam prosesnya akan membawa zat-zat yang berbahaya yang sangat pekat dari hasil rembesan sampah atau yang dikenal sebagai lindi. Lindi jika tidak dikendalikan akan mencemari lingkungan terutama air permukaan maupun air bawah tanah. Kualitas dan kuantitas lindi sangat dipengaruhi oleh komposisi sampah, curah hujan, lapisan penutup sampah dan lainnya.

Penelitian ini menggunakan kolom *landfill* secara seri sebagai pendekatan simulasi *landfill* aslinya untuk mengetahui pengaruh umur sampah terhadap pH, dan konsentrasi BOD, COD, serta TSS pada biodegradasi sampah perkotaan. Variasi umur sampah yang digunakan untuk tiap kolom, yaitu umur sampah <1 tahun, 1-2 tahun, 2-5 tahun dan umur sampah >5 tahun. Sampling lindi dilakukan setiap 1 minggu sekali dengan penambahan air sebesar 2490 ml/minggu. Dari hasil penelitian, umur sampah berpengaruh terhadap nilai pH, dan konsentrasi BOD, COD, serta TSS. Pada dasarnya semakin lama umur sampah, maka nilai pH akan mengalami peningkatan dari asam menjadi netral dan basa, dan konsentrasi BOD, COD, serta TSS secara perlahan mengalami penurunan. Titik puncak pH, konsentrasi BOD, COD, serta TSS terjadi pada minggu ke -2 sampai dengan minggu ke -4, kemudian pada minggu ke-5 dan ke-6 terjadi penurunan. Hal ini dapat terjadi karena adanya penurunan degradasi oleh bakteri pada fase aerob dan anaerob sehingga konsentrasi BOD, COD, TSS semakin menurun dan nilai pH cenderung netral dan basa.

Kata kunci: Umur sampah, kolom *landfill*, pH, BOD, COD, dan TSS

ABSTRAKSI

Final Disposal of Waste (landfill) is one of the waste management system applied in Indonesia. Elimination of waste into the soil is generally done by stockpiling known as landfilling. Waste that dumped in a certain period of time will have decay and in the process will bring dangerous substances are highly concentrated result of seepage from waste or what is known as leachate. Leachate if not controlled will contaminate the environment, especially surface water and underground water. The quality and quantity of leachate is strongly influenced by the composition of waste, precipitation, rubbish cover and other.

This study uses landfill columns in series as the original landfill simulation approach to determine the effect of age of waste include pH, and concentrations of BOD, COD, and TSS in urban waste biodegradation. Variations in the age of waste that is used for each column, the age of waste <1 year, 1-2 years, 2-5 years of age and > 5 years. Leachate sampling is done every once a week with the addition of 2490 ml water / week. From the results of the study, the age effect of waste on the pH value, and the concentration of BOD, COD, and TSS. Basically the longer the life of waste, then the pH value will increase from acidic to neutral and alkaline, and the concentration of BOD, COD, and TSS is slowly decreasing. The highest concentration of pH, concentration of BOD, COD, and TSS occurred at week -2 till week -4, then at weeks 5 and 6. a decline. This can occur due to decreased degradation by bacteria in aerobic and anaerobic phases so that the concentration of BOD, COD, TSS declined and the value of pH tends to be neutral and alkaline.

Keys word: Waste age, Landfills Columns, pH, BOD, COD, and TSS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan residu yang timbul dari berbagai aktivitas manusia. Jumlah sampah akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pola konsumsi masyarakat. Ketergantungan manusia akan pemenuhan kebutuhan barang atau material menyebabkan semakin meningkatnya volume, jenis dan karakteristik sampah yang beragam.

Kota Yogyakarta sebagaimana kota besar lain di Indonesia, pertumbuhan penduduk setiap tahunnya mengalami peningkatan. Berdasarkan data BPS, diketahui bahwa jumlah penduduk kota Yogyakarta pada tahun 2004-2008 tercatat pada tahun 2004 sebanyak 3.315.267 jiwa, pada tahun 2008 sebanyak 3.468.502 jiwa atau terjadi peningkatan jumlah penduduk tahun 2004-2008 sebanyak 153.235 jiwa atau kenaikan rata-rata pertahun sebesar 1,13%. Laju pertumbuhan penduduk dalam kurun waktu tahun 2004-2008 sebesar 1,13% tersebut telah sesuai dengan arah proyeksi laju pertumbuhan penduduk DIY tahun 2007-2011, yaitu sebesar 1,14%. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat ini berimplikasi kepada meningkatnya pula jumlah sampah yang dihasilkan. Pertumbuhan volume sampah di kota Yogyakarta berdasarkan data tercatat timbunan sampah di kota Yogyakarta pada tahun 2006 sebesar 1.614 m³ per hari, bila diperkirakan penambahan sampah tiap tahun berkisar 2% maka dalam kurun waktu 5 tahun mendatang (2007-2011) volume sampah mencapai 1.775 m³ per hari. (Pergub DIY, 2010)

Penimbunan sampah di Tempat Pembuangan Sampah (TPA) mempunyai dua fungsi ditinjau dari kegunaanya yaitu sebagai tempat pembuangan sampah dan sebagai reklamasi dataran rendah. Hampir 100 % dari sampah yang dihasilkan kota-kota besar di Indonesia dibuang dengan cara tersebut. Sampah didalam TPA akan mengalami proses penguraian secara kimia dan biokimia, akan menimbulkan cairan rembesan dengan kandungan padatan dan kebutuhan oksigen

yang sangat tinggi yang disebut juga dengan lindi. Cairan lindi ini dapat mencemari air permukaan dan air bawah tanah (Martono, 1996)

Secara umum kuantitas dan kualitas lindi akan sangat bervariasi. Dapat dikatakan bahwa kuantitas dan kualitas lindi yang dihasilkan akan banyak tergantung pada jumlah sampah, komposisi sampah, masuknya air dari luar, sebagian besar dari air hujan, disamping dipengaruhi oleh aspek operasional yang diterapkan seperti aplikasi tanah penutup, kemiringan permukaan, kondisi iklim, dan sebagainya. Kemampuan tanah dan sampah untuk menahan uap air dan kemudian menguapkannya bila memungkinkan, menyebabkan perhitungan timbulan lindi agak rumit untuk diprakirakan. (Damanhuri, 2004).

Konsentrasi bahan pencemar didalam lindi sangat bervariasi sesuai dengan karakteristik umur sampah. Sampah muda umumnya memiliki kandungan COD dan BOD yang sangat tinggi karena lebih tinggi konsentrasi karbon organikya dibandingkan sampah tua >10 tahun umumnya pada fase methanogenesis dan lindi yang dihasilkan disebut sebagai lindi tua atau berbasis nitrogen (C.Visvanathan, dkk, 2004).

Oleh sebab itu, perlu dilakukan suatu kegiatan peninjauan mengenai pengaruh umur sampah terhadap kondisi air lindi (*leachate*) di TPA Piyungan dan mengetahui kualitas kandungan bahan pencemar yang dihasilkan dari TPA tersebut. Sehingga didapatkan gambaran kondisi pencemaran perairan yang diakibatkan adanya TPA dan dapat dijadikan acuan bagi pengelolaan TPA selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: “Seberapa besar kandungan lindi (pH, COD, BOD, dan TSS) dan produksi lindi yang dihasilkan dari berbagai umur sampah dalam kurun waktu tertentu dengan menggunakan kolom *landfill* yang dibuat secara seri.

1.3 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Sampel sampah yang digunakan diambil dari zona penimbunan sampah perkotaan di TPA Piyungan berdasarkan umur sampah tertentu.
2. Waktu pemantauan selama 6 (enam) minggu dengan perbandingan variasi umur sampah yang dimasukkan kedalam 4 kolom *landfill* yang tersusun secara seri. Variasi umur sampah sebagai berikut:
 1. Umur sampah < 1 Tahun, (Kolom *Landfill* 1)
 2. Umur sampah 1-2 Tahun, (Kolom *Landfill* 2)
 3. Umur sampah 2-5 Tahun, (Kolom *Landfill* 3)
 4. Umur sampah > 5 Tahun, (Kolom *Landfill* 4)
3. Parameter lindi dari sampah perkotaan yang diteliti yaitu pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS).

1.4 Tujuan Penelitian

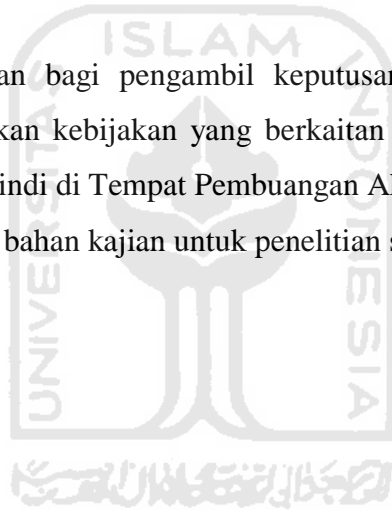
Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh umur sampah terhadap konsentrasi pH, BOD, COD dan TSS pada lindi hasil degradasi sampah perkotaan dengan menggunakan kolom *landfill* secara seri. Tujuan lebih spesifik yaitu:

1. Mengetahui karakteristik sampah perkotaan berdasarkan umur sampah tertentu.
2. Mengetahui pengaruh penambahan air terhadap kuantitas dan kualitas lindi berdasarkan periode waktu tertentu.
3. Mengetahui konsentrasi pH, BOD, COD, dan TSS pada lindi dari berbagai umur sampah.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, yaitu :

- a. Meningkatkan pengetahuan peneliti dan menambah masukan pengetahuan ke Perguruan Tinggi tentang kandungan pada air lindi dengan parameter pH, COD, BOD, dan TSS pada berbagai umur sampah di TPA Piyungan.
- b. Memberikan informasi kandungan kimia, organik dan anorganik didalam sampah (COD, BOD, pH dan TSS) dan seberapa besar penyimpanan air sehingga dapat diketahui kemungkinan lindi yang akan dihasilkan dari proses pengolahan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
- c. Sebagai masukan bagi pengambil keputusan suatu instansi/institusi dalam menentukan kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan dan pengolahan air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
- d. Dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Menurut Undang-undang No 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah menurut SNI 19-2454-1991 tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan didefinisikan sebagai limbah yang bersifat padat terdiri atas zat organik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

2.1.1 Jenis Sampah

a. Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan sebagai:

1. Sampah Organik

Yaitu sampah terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah ini dengan mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa tepung, sayuran, kulit buah, dan daun.

2. Sampah Anorganik

Yaitu sampah yang berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang sangat lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga, misalnya berupa botol, botol plastik, tas plastik, dan kaleng. (Suprihatin, A. dkk. 1996)

b. Berdasarkan bentuknya sampah dapat digolongkan sebagai :

1. Sampah Padat

Sampah padat adalah segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine dan sampah cair. Dapat berupa sampah rumah tangga: sampah dapur, sampah kebun, plastik, metal, gelas dan lain-lain. Menurut bahannya sampah ini dikelompokkan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari barang yang mengandung bahan-bahan organik, seperti sisa-sisa sayuran, hewan, kertas, potongan-potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan-potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya. Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam (*biodegradability*), maka dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Biodegradable*: yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob, seperti: sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan.
2. *Non-biodegradable*: yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Dapat dibagi lagi menjadi:
 - *Recyclable*: sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, pakaian dan lain-lain.
 - *Non-recyclable*: sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti *tetra packs*, *carbon paper*, *thermo coal* dan lain-lain.

2. Sampah Cair

Sampah cair adalah bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali dan dibuang ke tempat pembuangan sampah. Sampah dapat berada pada setiap fase materi: padat, cair, atau gas. Ketika dilepaskan dalam dua fase yang disebutkan terakhir, terutama gas, sampah dapat dikatakan sebagai emisi. Emisi biasa dikaitkan dengan polusi. Dalam kehidupan manusia, sampah dalam jumlah besar datang dari aktivitas industri (dikenal juga dengan sebutan limbah), misalnya pertambangan,

manufaktur, dan konsumsi. Hampir semua produk industri akan menjadi sampah pada suatu waktu, dengan jumlah sampah yang kira-kira mirip dengan jumlah konsumsi. Untuk mencegah sampah cair adalah pabrik pabrik tidak membuang limbah sembarangan misalnya membuang ke selokan. (Wikipedia, 2011)

2.1.2 Sumber dan Laju Timbulan Sampah

Sumber sampah akan menghasilkan sejumlah sampah yang secara kuantitas disebut timbulan sampah. Timbulan sampah merupakan banyaknya sampah yang dapat dinyatakan dalam satuan berat atau volume, Walaupun begitu, penggunaan satuan berat lebih baik karena lebih akurat dalam pengukurannya (Hadinata, 2009).

Sampah kota dapat bersumber dari :

- a. Pemukiman atau rumah tangga sejenisnya,
- b. Pasar,
- c. Kegiatan komersil atau sejenisnya,
- d. Kegiatan perkantoran, mayoritas berisi sampah kegiatan perkantoran seperti kertas,
- e. Hotel dan restoran,
- f. Kegiatan dari institusi seperti industri, rumah sakit,
- g. Penyapuan jalan,
- h. Taman-taman,

Menurut Damanhuri (2010), data mengenai timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah merupakan hal yang sangat menunjang dalam menyusun sistem pengelolaan persampahan di suatu wilayah. Data tersebut harus tersedia agar dapat disusun suatu alternatif sistem pengelolaan sampah yang baik. Jumlah timbulan sampah ini biasanya akan berhubungan dengan elemen- elemen pengelolaan sampah antara lain:

- Pemilihan peralatan, misalnya wadah, alat pengumpulan, dan pengangkutan
- Perencanaan rute pengangkutan

- Fasilitas untuk daur ulang
- Luas dan jenis TPA.

Bagi negara berkembang dan beriklim tropis seperti Indonesia, faktor musim sangat besar pengaruhnya terhadap berat sampah. Dalam hal ini, musim bisa terkait musim hujan dan kemarau, tetapi dapat juga berarti musim buah-buahan tertentu. Di samping itu, berat sampah juga sangat dipengaruhi oleh faktor sosial budaya lainnya. Oleh karenanya, sebaiknya evaluasi timbulan sampah dilakukan beberapa kali dalam satu tahun. Timbulan sampah dapat diperoleh dengan sampling (estimasi) berdasarkan standar yang sudah tersedia. Timbulan sampah ini dinyatakan sebagai :

- Satuan berat: kg/o/hari, kg/m/hari, kg/bed/hari dan sebagainya
- Satuan volume: L/o/hari, L/m/hari, L/bed/hari dan sebagainya.

Prakiraan timbulan sampah baik untuk saat sekarang maupun di masa mendatang merupakan dasar dari perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan persampahan. Prakiraan rerata timbulan sampah akan merupakan langkah awal yang biasa dilakukan dalam pengelolaan persampahan. Satuan timbulan sampah ini biasanya dinyatakan sebagai satuan skala kuantitas per orang atau per unit bangunan dan sebagainya. Bagi kota-kota di negara berkembang, dalam hal mengkaji besaran timbulan sampah, agaknya perlu diperhitungkan adanya faktor pendaur ulangan sampah mulai dari sumbernya sampai di TPA.

Rata-rata timbulan sampah biasanya akan bervariasi dari hari ke hari, antara satu daerah dengan daerah lainnya, dan antara satu negara dengan negara lainnya. Variasi ini terutama disebabkan oleh perbedaan, antara lain:

- Jumlah penduduk dan tingkat pertumbuhannya
- Tingkat hidup: makin tinggi tingkat hidup masyarakat, makin besar timbulan sampahnya
- Musim: di negara Barat, timbulan sampah akan mencapai angka minimum pada musim panas
- Cara hidup dan mobilitas penduduk

- Iklim: di negara Barat, debu hasil pembakaran alat pemanas akan bertambah pada musim dingin
- Cara penanganan makanannya

2.1.3 Komposisi Sampah

Pengelompokan sampah yang sering dilakukan adalah berdasarkan komposisinya yang dinyatakan dalam % berat basah, atau % volume basah. Komposisi sampah antara lain; organik, kertas, plastik, kayu, karet, makanan dan lain-lain (Damanhuri, 2010).

Berdasarkan sifat-sifat biologis dan kimiannya, sampah dapat digolongkan menjadi:

1. Garbage (sampah basah), yaitu sampah yang mudah membusuk/ terdegradasi, seperti makanan, daun, sampah pasar dan sampah pertanian.
2. Rubber sampah kering), yaitu sampah yang sulit terdegradasi, seperti kertas, karet, kaca, plastik, logam dan bahan lainnya.

Terdapat perbedaan komposisi dan jumlah sampah antara satu tempat dengan tempat yang lain yang tergantung gaya hidup masyarakat sekitar, peraturan, iklim, penanganan awal dari sampah, dan aktivitas daur ulang sampah. Perbedaan ini menghasilkan perbedaan penting dan fundamental dalam karakteristik engineering sampah (Dixon, Jones, 2004 dalam Hadinata, 2009)

Komposisi sampah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- Cuaca: di daerah yang kandungan airnya tinggi, kelembaban sampah juga akan cukup tinggi.
- Frekuensi pengumpulan: semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk, dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan sampah kering lainnya yang sulit terdegradasi.
- Musim: jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang sedang berlangsung.

- Tingkat sosial ekonomi: Daerah ekonomi tinggi pada umumnya menghasilkan sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas, dan sebagainya.
- Pendapatan per kapita: masyarakat dari tingkat ekonomi rendah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen dibanding tingkat ekonomi lebih tinggi.
- Kemasan produk: kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi. Negara maju cenderung tambah banyak yang menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemasan.

2.1.4 Karakteristik Sampah

Karakteristik yang biasa ditampilkan selain komposisi dalam penanganan sampah adalah karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Kekhasan sampah dari berbagai tempat/daerah serta jenisnya yang berbeda-beda memungkinkan sifat-sifat yang berbeda pula. Sampah kota di negara-negara yang sedang berkembang berbeda susunannya dengan sampah kota di negara-negara maju. Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti:

- Karakteristik fisika: yang paling penting adalah densitas, kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalor, dan distribusi ukuran.
- Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S, dan sebagainya.

Informasi mengenai komposisi dan karakteristik sampah diperlukan untuk memilih dan menentukan cara pengoperasian setiap peralatan dan fasilitas lainnya dan untuk memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sumberdaya dan energi dalam sampah, serta untuk perencanaan fasilitas pembuangan akhir. (Damanhuri, 2010)

2.2 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

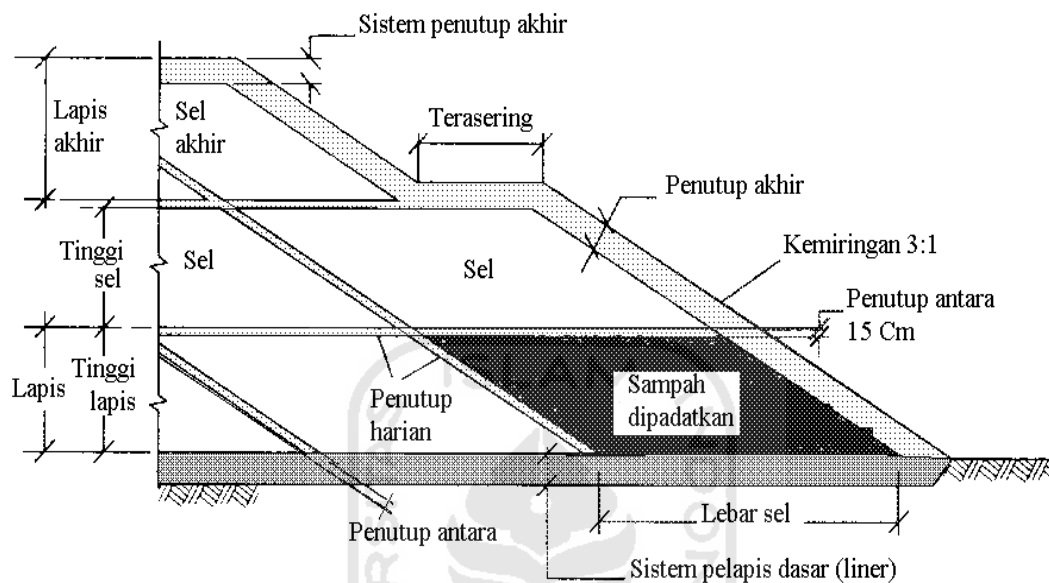
Menurut Undang-undang no 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Pada umumnya pemrosesan akhir sampah yang dilakukan di TPA adalah proses *landfilling* (pengurugan), dan sebagian besar dilakukan dengan *open dumping* yang menimbulkan permasalahan lingkungan, seperti: bau, tercemarnya air tanah, timbulnya asap dan sebagainya. (Simon, 2007).

2.2.1 *Landfilling*

Penyingkiran limbah ke dalam tanah (*land disposal*) merupakan cara yang paling sering dijumpai dalam pengelolaan limbah. Cara penyingkiran limbah ke dalam tanah dengan pengurugan atau penimbunan dikenal sebagai *landfilling*, yang diterapkan mula-mula pada sampah kota. Cara ini dikenal sejak awal tahun 1900-an, dengan nama yang dikenal sebagai *sanitary landfill*, karena aplikasinya memperhatikan aspek sanitasi lingkungan. Definisi yang sederhana tentang *sanitary landfill* adalah Metode pengurugan sampah ke dalam tanah, dengan menyebarkan sampah secara lapisper-lapis pada sebuah site (lahan) yang telah disiapkan, kemudian dilakukan pemadatan dengan alat berat, dan pada akhir hari operasi, urugan sampah tersebut kemudian ditutup dengan tanah penutup. Metode tersebut dikembangkan dari aplikasi praktis dalam penyelesaian masalah sampah yang dikenal sebagai *open dumping*. *Open dumping* tidak mengikuti tata cara yang sistematis serta tidak memperhatikan dampak pada kesehatan. Metode *sanitary landfill* kemudian berkembang dengan memperhatikan juga aspek pencemaran lingkungan lainnya, serta percepatan degradasi dan sebagainya, sehingga terminologi *sanitary landfill* sebetulnya sudah kurang relevan untuk digunakan.

Cara yang dikenal di Indonesia sebagai *sanitary landfill*, sampah diletakkan lapis per lapis (0,5 - 0,6m) sampai ketinggian 1,2 - 1,5 m. Urugan sampah membentuk sel-sel dan membutuhkan ketelitian operasi alat berat agar teratur. Kepadatan sampah dicapai dengan alat berat biasa (*dozer* atau *loader*) dan

mencapai 0,6 - 0,8 ton/m³. Membutuhkan penutupan harian 10 - 30 cm, paling tidak dalam 48 jam. Kondisi di lapisan (*lift*) teratas bersifat aerob (ada oksigen), sedang bagian bawah anaerob (tidak ada oksigen) sehingga dihasilkan gas metan.



Gambar 2.1 Pembuatan sel-sel sampah (Sumber : Damanhuri, 2004)

2.2.2 Dekomposisi Sampah dalam *Landfill*

Degradasi sampah organik tersebut terjadi melalui proses dekomposisi sampah organik melalui lima tahapan sebagaimana terlihat pada Gambar 2.2 (Williams, 2005 dalam sunarto), yaitu:

- Pada tahap awal, degradasi material organik dilakukan oleh bakteri aerob sehingga menghasilkan CO₂, air (H₂O) dan panas. CO₂ yang dilepas sebagai gas atau diserap di H₂O membentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang akan memberi sifat asam pada air lindi.
- Pada tahap kedua bakteri fakultatif selanjutnya tumbuh yang hidup pada kondisi aerob dan anaerob. Karbohidrat, protein, dan lipid terhidrolisa dan terfermentasi menjadi gula dan membentuk CO₂, hidrogen (H₂), ammonia (NH₃), dan asam-asam organik. Menurut Fairus, Sirin, dkk (2008), pada proses awal terjadi proses hidrolisis yaitu dekomposisi bahan organik polimer seperti protein, karbohidrat, dan lemak menjadi monomer yang

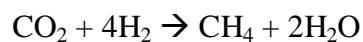
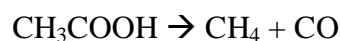
mudah larut seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino yang dilakukan oleh sekelompok bakteri fakultatif seperti *lipolytic bacteria*, *cellulolytic bacteria*, dan *proteolytic bacteria*.

- c. Pada tahap ketiga, mikroorganisme acetogen yang ada akan merubah asam-asam organik tersebut menjadi asam asetat (CH_3COOH), H_2 , dan CO_2 .
- d. Tahap keempat merupakan tahapan methanogenesis dengan reaksi yang lambat. Gas timbunan sampah (*landfill gas*) yang terbentuk pada tahap ini terdiri atas sekitar 60% CH_4 dan 40% CO_2 . Pada kondisi anaerob, degradasi asam-asam organik dilakukan oleh mikroorganisme methanogenik sehingga menghasilkan CH_4 dan CO_2 . Sementara itu, mikroorganisme yang lain secara langsung merubah H_2 dan CO_2 menjadi CH_4 dan H_2O .
- e. Pada tahap akhir, mikroorganisme aerob merubah CH_4 yang terbentuk pada proses sebelumnya menjadi CO_2 dan H_2O . Ada dua jenis mikroorganisme yang aktif pada tahap methanogenesis ini, yaitu bakteri mesophilic yang aktif pada suhu 30 - 35 $^{\circ}\text{C}$ dan bakteri thermophilic yang active pada suhu 45 - 65 $^{\circ}\text{C}$. Karena itu pada tahap methanogenesis ini landfill gas terbentuk pada suhu 30 - 65 $^{\circ}\text{C}$ dengan suhu optimumnya berkisar 30 – 45 $^{\circ}\text{C}$. Jika suhu timbunan sampah turun sedemikian rendah maka proses degradasi tidak akan berlangsung. Adapun reaksi pembentukan gas methan adalah sebagai berikut (Themelis, 2006 dalam Sunarto).

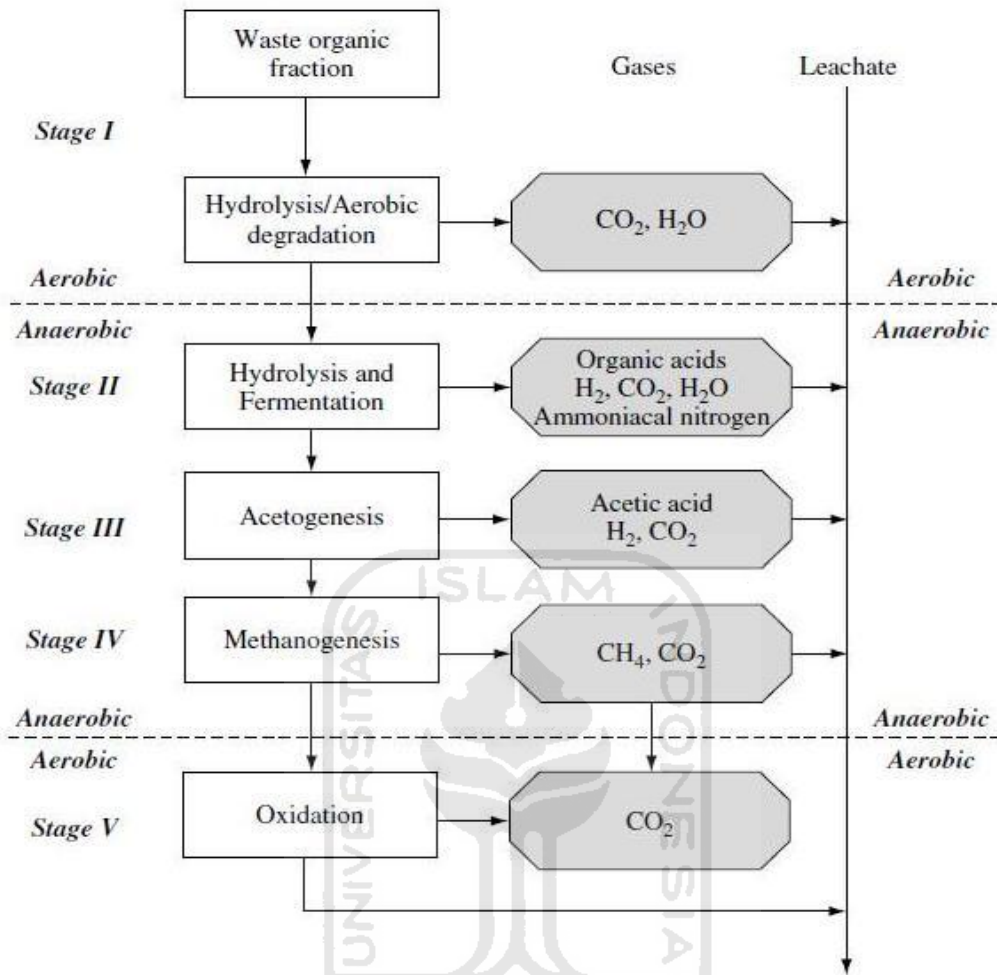
- Acetogenesis



- Methanogenesis



Berikut ini gambar tahapan proses degradasi sampah organik, yaitu :



Gambar 2.2 Tahapan utama proses degradasi sampah di TPA (Williams, 2005 dalam Sunarto)

2.3 Pengelolaan Sampah di TPA Piyungan

2.3.1 Gambaran Umum TPA Piyungan.

TPA Piyungan terletak di kabupaten bantul, ±16 km sebelah tenggara pusat kota Yogyakarta, dengan luas lahan 12 Ha. TPA ini terletak di RT 04 Dukuh Bendo Ngablak dan RT 05 Dukuh Watu Gender, Desa Situmulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi berupa lembah dengan kemiringan bervariasi, curam dan mendatar, bentuk tanah ledok dengan jurang sedalam 40 m dan dikelilingi bukit. TPA Piyungan adalah TPA pertama yang menggunakan sistem *Controlled Landfill* untuk daerah perkotaan Yogyakarta. Pembangunan TPA ini dilakukan pada tahun 1992 dan mulai

dioperasikan pada tahun 1995 diatas tanah seluas 12 hektar dengan kapasitas 2,7 juta m³, masa pakai diperkirakan mencapai 10 tahun. (Simon, 2007)

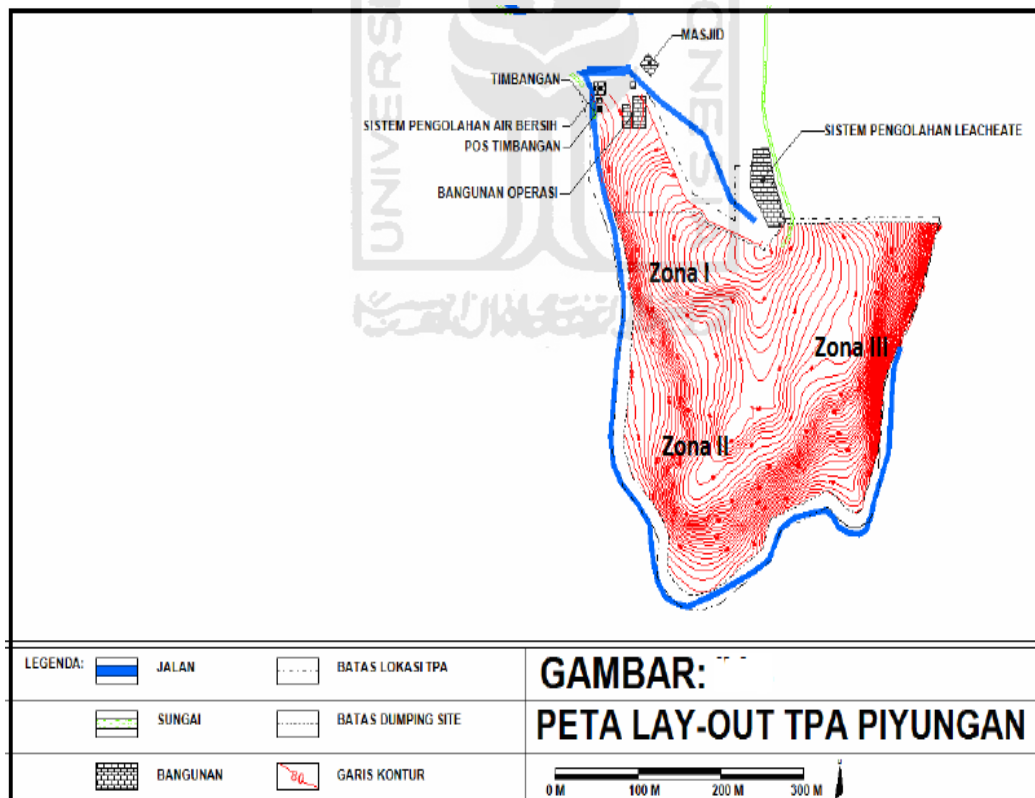
TPA Piyungan dibangun dalam 3 tahap, yaitu pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Data Penimbunan Sampah Di TPA Piyungan

No	Tahap Penimbunan	Umur Penimbunan	Tahun Penimbunan
1	Zona I	<5 tahun	1995 - 2005
2	Zona II	2-5 tahun	2005 - 2009
3	Zona III	*)1-2 tahun	2009 - 2011
4	Zona III	<1 tahun	2009 - 2011

(sumber : Pengelola TPA Piyungan)

*)Dapat diketahui dari tempat/cell penimbunan sampah.



(Sumber : Simon, 2007)

Gambar 2.3 Peta layout TPA Piyungan

2.3.2 Kondisi Geografi TPA Piyungan

Lokasi Piyungan merupakan bagian dari lereng utara escarpment pegunungan Batur Agung. Profil lokasi berupa lembah dengan kemiringan bervariasi, curam dan mendatar, lokasi piyungan termasuk dalam formasi semilir dengan litolog tuff, breksi, dasit, dan andesit yang mempunyai kemampuan air yang jelek. Lokasi berada pada lahan yang terbentuk disebelah utara persawahan, irigasi dan jalan lokal Sitimulyo, disebelah sektor jalan tanah dan perbukitan berbatu, sebelah barat jalan tanah perbukitan yang berdampingan dengan area persawahan dan sebelah timur merupakan kawasan hijau. Lokasi berada pada tanah seluas 20 Ha dan kapasitas 3.700.000 m. (Simon, 2007)



Gambar 2.4 Lokasi TPA Piyungan

2.3.3 Iklim Wilayah TPA Piyungan

Menurut data dari Dinas Pengairan di Kabupaten Bantul terdapat 12 titik Stasiun Pemantau curah hujan, yaitu Stasiun Pemantau Ringinharjo, Nyemengan, Gandok, Kotagede, Pundong, Barongan, Ngetal, Gedongan, Piyungan, Sedayu, Ngestiharjo dan Dlingo. Sepanjang tahun 2010 curah hujan yang tercatat di Stasiun Pemantau Piyungan yaitu sebesar 1167,0 mm/tahun dengan hari hujan selama 57 hari. Temperatur suhu wilayah piyungan berkisar antara 29 – 33 °C. (BPS, 2010)

2.3.4 Sistem Pengelolaan Sampah Di TPA Piyungan

2.3.4.1 Pengangkutan

Metode pengoperasian yang diterapkan pada TPA Piyungan adalah *Controlled Lanfill*. Pengoperasian dilaksanakan setiap hari dengan mengandalkan armada pengangkutan sampah dan *dump truck* yang berkapasitas 8 m³. Secara umum komposisi pengangkutan sampah berasal dari Kotamadya Yogyakarta sebesar 80%, sedangkan dari Kabupaten Bantul dan Sleman antara 50%-30% dan 20%. Sehingga untuk APY, pengangkutan sampah adalah sekitar 45% dari seluruh timbulan sampah dimana untuk sampah pasar pengangkutannya adalah 10%. (Simon, 2007)

2.3.4.2 Pengelolaan Lindi Di TPA Piyungan.

Pengolahan lindi di TPA Piyungan sampai saat ini menggunakan kolam aerasi. Berdasarkan informasi yang diperoleh, proses pengolahan yang telah dilakukan oleh instalasi pengolahan air lindi ini kurang berjalan dengan baik dan efluen yang keluar dari bak pengolahan air beberapa parameter masih melampaui batas maksimal. Berikut ini tabel data karakteristik air lindi Di TPA Piyungan, yaitu :

Tabel 2.2 Karakteristik Air Lindi Di TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Kadar maksimal yang diperbolehkan	Hasil pemeriksaan	
			I	II
Fisika				
Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	2000	7817	6780
Temperatur	°C	30	28	28
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	636	106
Kimia				
Air Raksa	mg/l	0,002	ttd	ttd
Arsen	mg/l	0,1	ttd	ttd
Barium	mg/l	2	0,009	0,006
Kadmium	mg/l	0,05	ttd	ttd
Kromium (val 6)	mg/l	0,1	6,04	0,19
Tembaga	mg/l	2	0,41	0,27
Sianida	mg/l	0,05	ttd	ttd
Flourida	mg/l	2	<0,5	<0,5
Timbal	mg/l	0,1	0,4051	0,0972
Nikel	mg/l	0,2	ttd	ttd
Nitrat	mg/l	20	14,4476	13,7164
Nitrit	mg/l	1	0,8409	0,668
Ammonia	mg/l	1	114,914	80,764
Mangan	mg/l	2	4	1,95
Sulfida	mg/l	0,05	-	-
Klorin Bebas	mg/l	1	0	0
Seng	mg/l	5	2,9	1,2
Krom total	mg/l	0,5	10,64	0,48
BOD5	mg/l	50	2151,32	786
COD	mg/l	100	4729,67	1387,7
Phenol	mg/l	0,5	1,97	70,47
Chobal	mg/l	0,4	0,28	0,19

(Sumber : Pengelola TPA Piyungan, 2005 dalam W.A, Simon, 2007)

2.4 Lindi

2.4.1 Pengertian Lindi

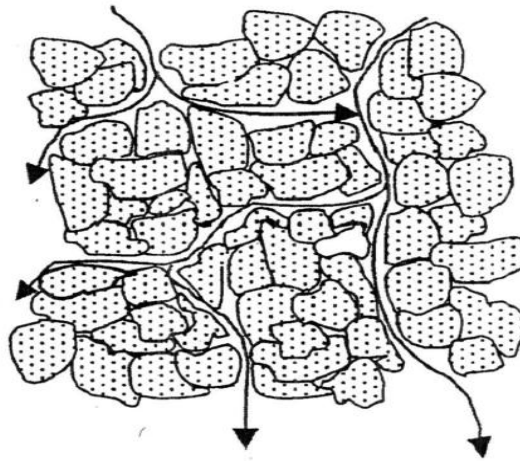
Menurut Tchobanoglous (1993), lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari hasil dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah. Air lindi disebabkan oleh terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan air pada sampah itu sendiri. Lindi

bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dari dekomposisi yang normal terjadi pada sampah.

2.4.2 Mekanisme Lindi

Berkaitan dengan pembuangan sampah pada *landfill*, maka terdapat dua permasalahan lingkungan yaitu timbulan lindi dan gas *landfill* (CO_2 , CH_4 , H_2S). Lindi adalah cairan yang merembes melalui atau keluar dari sampah berbahaya atau sampah padat serta mengekstraksi, melarutkan, atau mengendapkan bahan dari sampah. Cairan lindi mengandung bahan organik dan anorganik dengan konsentrasi tinggi, termasuk senyawa berbahaya dan logam berat. Lindi dapat menyebabkan masalah lingkungan bila mengalir keluar dari *landfill* ke tanah sekitar, dan mungkin badan air permukaan serta air tanah, sehingga ini harus dikelola. Setiap *landfill* memiliki karakteristik sendiri, cairan yang melewati sampah juga memiliki sifat-sifat berbeda. Kualitas lindi juga berubah dari waktu ke waktu, sehingga sistem penanganan harus diukur menurut parameter individual dan harus cukup fleksibel untuk menangani berbagai aliran yang berpengaruh.

Aliran cairan biasanya diarahkan pada pori-pori ini. Aliran air ke bawah melalui sampah padat perkotaan terjadi pada saluran aliran sempit dengan total area sekitar 28% dari area potongan lintang. Sedangkan Zeiss dan Ugucioni (1995) dalam Olatunde (2001) menyimpulkan bahwa aliran yang terjadi adalah suatu mekanisme aliran yang dominan pada sampah padat perkotaan, dan luas pori kurang dari 45% (maksimum pada keadaan stabil) dari luasan potongan lintang kolom.

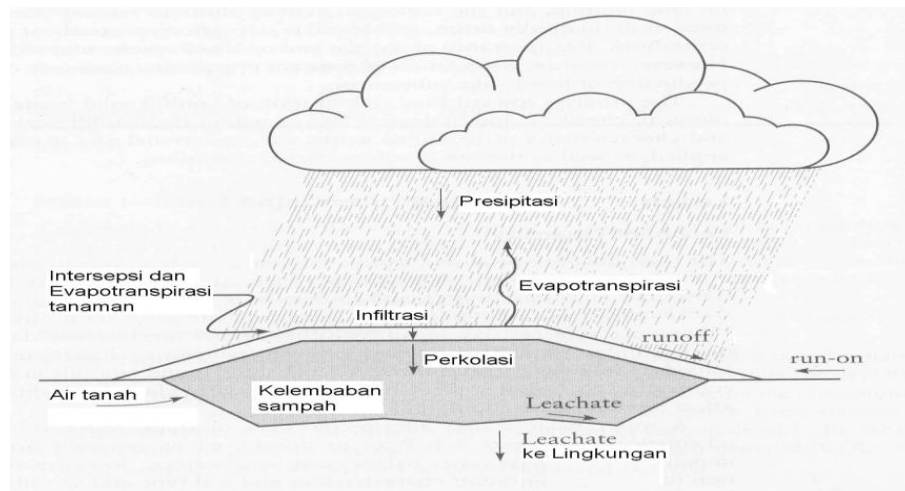


Gambar 2.5 Skema aliran air melalui celah (pori) pada sampah perkotaan

(Olatunde O. Olaosun, 2001)

Lindi adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis. Dari sana dapat diramalkan bahwa kuantitas dan kualitas lindi akan sangat bervariasi dan berfluktuasi. Dapat dikatakan bahwa kuantitas lindi yang dihasilkan akan banyak tergantung pada masuknya air dari luar, sebagian besar dari air hujan, disamping dipengaruhi oleh aspek operasional yang diterapkan seperti aplikasi tanah penutup, kemiringan permukaan, kondisi iklim, dan sebagainya. Secara umum pola pengolahan lindi dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Curah hujan yang jadi di TPA mengalami penyerapan dan sebagian lagi menjadi air limpasan.
2. Ada curah hujan yang mengalami infiltrasi di permukaan.
3. Beberapa infiltrasi yang ada dipermukaan mengalami penguapan dan transpirasi dari vegetasi yang ada disekitar lokasi.
4. Proses infiltrasi menyebabkan pengurangan nutrient didalam kelembapan tanah
5. Sisa dari infiltrasi, evaporasi, transpirasi dan kelembapan tanah bergerak ke bawah dan kemudian meresap yang pada akhirnya setelah mencapai landfill menjadi lindi.
6. Sisa dari infiltrasi bisa masuk ke groundwater.



Gambar 2.6 Skema terjadinya lindi (Damanhuri, 2004)

Secara umum produksi lindi dari TPA dapat diperkirakan secara teoritis dengan teori kesetimbangan air dalam TPA. Jumlah air yang masuk akan sama dengan jumlah air yang dikonsumsi untuk proses dekomposisi sampah secara biologis maupun kimia dan jumlah air yang tersisa yang merembes keluar. Air dari luar masuk melalui rembesan dari tanah penutup yang berasal dari air hujan dan air permukaan lainnya. Jumlah air yang masuk akan lebih banyak dibandingkan pada musim kemarau. Jumlah air yang terserap dan tersimpan dalam tanah penutup dapat didefinisikan sebagai kemampuan penyerapan dari suatu bahan, yaitu kemampuan bahan untuk menyimpan air dalam pori-porinya. Jenis tanah penutup pasir dapat menyimpan 6 – 12 % dari air yang melaluinya, dan tanah liat 23-31%. Lindi merupakan air yang keluar dari tumpukan sampah. (Martono, 1996).

2.4.3 Komposisi dan Karakteristik Lindi

Komposisi air lindi sangat bervariasi karena proses pembentukannya dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik-anorganik), mudah tidaknya penguraian (larut - tidak larut), kondisi tumpukan sampah (suhu, pH, kelembaban, umur), karakteristik sumber air (kuantitas dan kualitas air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrisi dan mikroba, dan kehadiran inhibitor (Diana dalam K. Priambodho, 2005).

Aspek *landfill* juga terkait dalam kualitas lindi :

1. Jenis Limbah - tingkatan dari proses degradasi sampah dengan berbagai jenis sampah.
2. Kondisi TPA - fase degradasi limbah, kelembaban, curah hujan, suhu, dll.
3. Cara Penimbunan - pemadatan limbah, TPA dan ketinggian lapisan penutup TPA.
4. Sampling - metode analisis dan titik pengambilan sampel.

Aspek-aspek tersebut saling terkait dan aspek 1-3 merupakan aspek yang mempengaruhi dalam kualitas lindi dan karakteristiknya, sedangkan aspek keempat mempengaruhi analisis. Lindi yang dihasilkan dari sampah perkotaan di Asia (kecuali Jepang) memiliki komposisi 60 - 90% sampah organik dan 3- 18% sampah plastik (Agamuthu, 1999 dalam C. Visvanathan, dkk, 2004).

Menurut McBean (1995) menyatakan kualitas konsentrasi lindi akan berbeda berdasarkan pengaruh waktu, dan terbagi menjadi dua karakteristik lindi, yaitu:

a. Lindi Muda

Dalam beberapa tahun pertama, lindi mengandung bahan-bahan organik yang baru terdegradasi. Sehingga dalam lindi muda ini cenderung bersifat asam karena banyaknya asam lemak volatil yang ada. Umumnya nilai pH berada dalam rentang 6 - 7 dan bahkan lebih rendah pada *landfill* yang kering. Lindi muda berasal dari proses degradasi bahan organik yang kompleks seperti selulosa dan bahan organik terlarut seperti asam organik.

b. Lindi Tua

Setelah sampah berumur 4 sampai 5 tahun, nilai pH mengalami peningkatan dengan rentang 7 – 8. Perubahan nilai tersebut diakibatkan karena semakin menurunnya degradasi organik dan adanya produksi gas.

Tabel berikut karakteristik konsentrasi lindi muda dan lindi tua, yaitu:

Tabel 2.3 Tipikal konsentrasi lindi muda dan tua.

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Lindi muda (<5 tahun)	Lindi tua (>5 Tahun)
COD	20.000 - 40.000	500 - 3000
BOD	10.000 - 20.000	50 - 100
TOC	9.000 - 15.000	100 - 1000
Asam lemak volatil	9.000 - 25.000	50 - 100

Sumber (McBean, dkk. 1995)

Menurut Mavinic (1988) dalam C. Visvanathan (2004) menyatakan selama beberapa tahun pertama (<5 tahun), sampah di TPA berada dalam fase acidogenic dan lindi yang dihasilkan umumnya sebagai lindi muda atau berbasis karbon karena lebih tinggi konsentrasi karbon organik. Sampah di TPA yang berumur 10 tahun umumnya di fase methanogenic dan lindi yang dihasilkan disebut sebagai tua atau berbasis nitrogen. Ehrig (1998) dalam C. Visvanathan (2004) melakukan studi ekstensif pada karakterisasi lindi dari 15 tempat pembuangan sampah mulai dari 0 sampai 12 tahun di Jerman dan menemukan karakteristik dalam fase acitogenesis dan *methanogenesis* pada lindi sampah perkotaan. Pada fase pertama, kandungan organik (BOD dan COD) lebih tinggi dari fase methanogenesis. pH telah ditemukan meningkat dengan penurunan biodegradasi ketika perubahan dari acidogenik fase methanogenik.

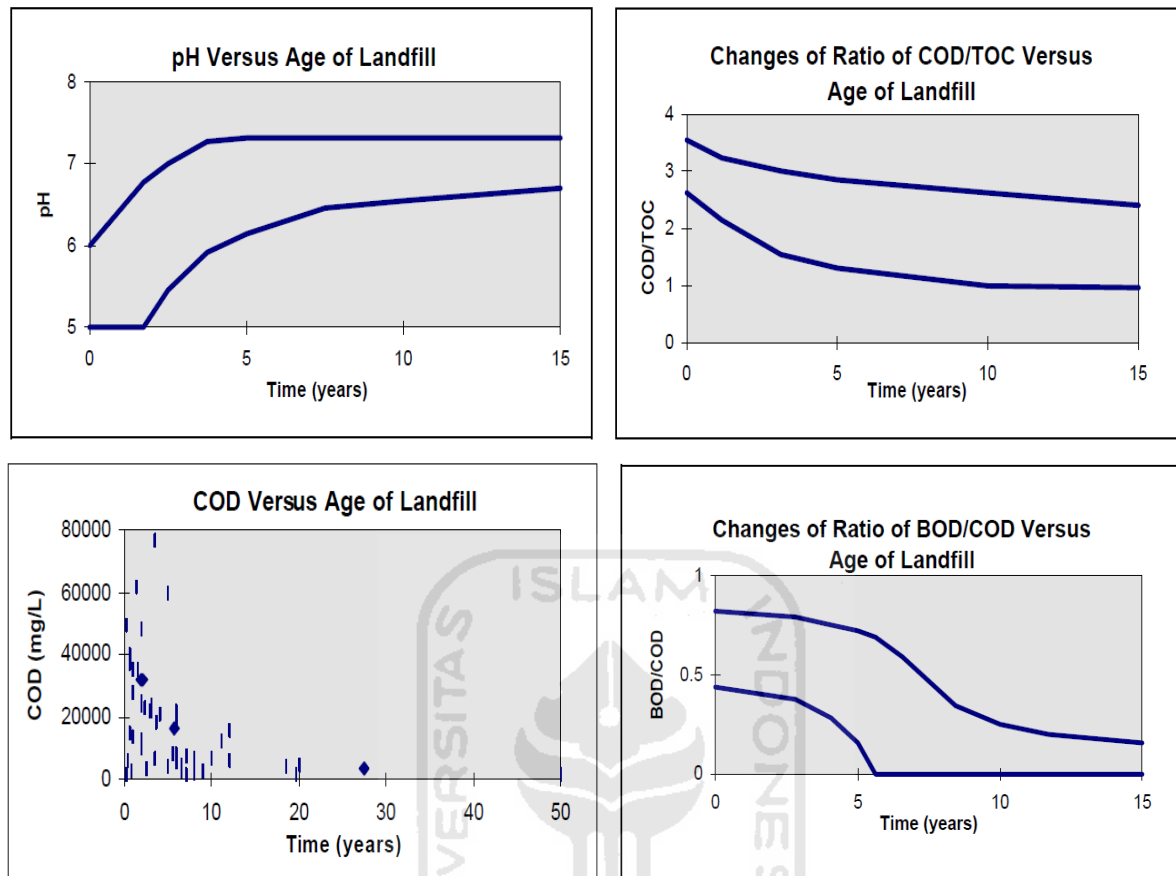
Karakteristik konsentrasi lindi pada TPA yang berbeda berdasarkan fase degradasi sampah, yaitu:

Tabel 2.4 Karakteristik Lindi dalam fase acidogenik dan methanogenik dalam landfill

Parameter	Satuan	Fase Acidogenesis		Fase Metanogenesis	
		Rata-rata	Range	Rata-rata	Range
pH	mg/l	6,1	4,5 – 7,5	8	7,5 - 9
BOD ₅	mg/l	13.000	4000 – 40.000	180	20 - 550
COD	mg/l	22.000	6000-60.000	3000	500 – 4.500
BOD ₅ /COD	mg/l	0,58	-	0,06	-
SO ₄	mg/l	500	70 - 1750	80	10 - 420
Ca	mg/l	1200	10 - 2500	60	20 - 600
Mg	mg/l	470	50 - 1150	180	40 - 350
Fe	mg/l	780	20 - 2100	15	3 - 280
Mn	mg/l	25	0,3 - 65	0,7	0,03 - 45
Zn	mg/l	5	0,1 - 120	0,6	0,03 - 4

Sumber : Ehrig, (1998) dalam C. Visvanathan. dkk, (2004).

Kualitas lindi sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu yang telah berlalu sejak sampah ditempatkan. Jumlah bahan kimia dalam limbah adalah terbatas dan, karenanya, kualitas lindi akan mencapai puncak setelah sekitar dua sampai tiga tahun diikuti dengan penurunan bertahap dalam tahun-tahun berikutnya (McBean, 1995). Perubahan dari rasio konsentrasi lindi dengan penambahan umur sampah dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini:



Gambar 2.7 Perubahan dari rasio konsentrasi lindi dengan penambahan umur sampah (Chian dan DeWalle, 1977 dalam Reinhard dan Grosh, 1998).

Chian dan DeWalle (1977) dalam Reinhard dan Grosh (1998) menemukan bahwa banyak rasio sifat kimia, seperti COD/TOC, BOD/COD, dan VOA/TOC mencerminkan komposisi bahan organik dalam lindi dan pada gilirannya berkaitan dengan umur *landfill*.

Hal ini dapat dilihat dari gambar 2.7 diatas bahwa rasio COD ke TOC cenderung menurun berdasarkan usia TPA. Rasio ini bervariasi dari 3,3 untuk TPA yang relatif muda untuk 1,16 untuk TPA lama. COD maksimum / TOC untuk beberapa senyawa organik adalah 4,0, dan bisa lebih rendah 1,3 organik yang mengandung gugus karboksil. (Ricky dan Hunter, 1971 dalam Reinhard dan Grosh, 1998).

2.4.4 Penanganan Lindi

2.4.4.1 Pengendalian lindi

Ketika lindi merembes melalui lapisan bawah TPA, banyak unsur kimia maupun materi biologi yang terbawa akan tersaring melalui proses absorpsi dan proses penyaringan dari lapisan tanah tersebut. Lapisan tergantung dari jenis tanah pelapis lapisan dasar TPA. Cara terbaik yang perlu dilakukan adalah membuat lapisan dasar tersebut kedap air untuk mengantisipasi pencemaran yang disebabkan oleh rembesan lindi tersebut, sekali terjadi pencemaran akan sulit membersihkannya kembali.

Untuk mencegah rembesan lindi melalui dasar TPA, saat ini banyak digunakan lapisan kedap air. Lapisan kedap air yang banyak digunakan adalah lapisan tanah liat yang dipadatkan. Jenis dari tanah liat padat yang digunakan adalah bentonit, illit dan kaolinit. Bentonit ialah lempung mont-morilonit yang dijumpai di deposit vulkanis yang telah mengalami pelapukan sebagian. Illit merupakan istilah umum untuk kelompok tanah liat yang pertama kali dijumpai di Illinois. Illit bisa juga disebut lempung mika. Kaloit merupakan kelompok lempung yang berkegiatan rendah. Lempung kaolit banyak dipakai untuk barang-barang tembikar dan keramik cina. Tanah liat dengan kandungan 30-50% mempunyai koefisien kelulusan sebesar $1,06 \times 10^{-2}$ cm/detik. Tanah liat mampu menahan rembesan lindi melalui dasar TPA dan mampu menyerap beberapa unsur kimia. (Martono, 1996)

2.4.4.2 Pengolahan Lindi

Pengolahan lindi dari sampah akan lebih sulit dibandingkan pengolahan dari limbah kotor buangan rumah tangga, sebab konsentrasi BOD dan COD lindi dapat mencapai 200 kali lebih tinggi dari air kotor buangan perkotaan, dan nilai itu bervariasi sangat besar. Masalah itu sulit lagi dengan sukarnya memperkirakan komposisi lindi.

Sejumlah metode pengolahan sudah banyak dilakukan dalam pengolahan lindi dari tumpukan sampah, kan tetapi dari reskulasi lindi dan pengolahan lindi secara biologis dianggap metode yang paling baik dan murah untuk mengurangi

tingginya sifat pencemar dari lindi. Beberapa metode yang diterapkan untuk pengolahan lindi yaitu :

1. Reskulasi Lindi
2. Pengolahan lindi secara biologi aerobik
3. Kolam aerasi
4. Pengolahan secara biologi dengan kontaktor
5. Pengolahan lindi secara anaerobik (Martono, 1996)

Pada tabel 2.5 menyajikan karakteristik lindi umum dengan usia dan kesesuaian pilihan pengolahan dalam biodegradasi, lindi menengah dan stabil penimbunan pada sampah di TPA.

Tabel 2.5 Hubungan antara usia TPA, karakteristik lindi dan pengolahannya

Umur TPA (tahun)	< 5 (muda)	5 -10 (menengah)	> 10 (tua)
Tipe Lindi	I (Biodegradasi)	II (Menengah)	III (Stabil)
pH	<6.5	6.5 – 7.5	>7.5
COD (mg/L)	> 10,000	< 10,000	< 5000
COD/TOC	< 2.7	2.0 - 2.7	> 2.0
BOD5/COD	< 0.5	0.1 - 0.5	< 0.1
VFA (% TOC)	> 70	5 - 30	< 5
Proses	Efisiensi Pengolahan		
Pengolahan Biologi	A	B	C
Oksidasi Kimia	B-C	B	B
Pengendapan Kimia	B-C	B	C
Activated Karbon	B-C	A-B	A
Flokolasi-koagulasi	B-C	A-B	A
Reverse Osmosis	C	A	A

Sumber : Amokrane et al., 1997 dalam C. Visvanathan, 2004

Penilaian = A : Baik, B : Cukup Baik, C : Buruk

Pada tabel 2.5 tersebut berguna untuk membantu dalam menentukan pilihan pengolahan lindi yang tepat. Efektivitas proses gabungan untuk pengolahan dari lindi yang dihasilkan pada usia TPA tertentu telah tidak dipertimbangkan. Pilihan pengolahan individu tidak dapat menjadi solusi jangka panjang untuk lindi karena tidak efektif dalam pengelolaan yang dihasilkan pada periode waktu yang berbeda dan tidak beradaptasi dengan perubahan karakteristik tertentu.

2.5 Parameter Kualitas Lindi

2.5.1 pH

pH menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. Karena selalu terdapat beberapa pemisahan molekul-molekul dalam larutan cairan, maka selalu terdapat hidrogen bebas dan ion hydroxyl. Kelebihan salah satu molekul-molekul itulah yang menyebabkan larutan menjadi asam. Dalam air murni yang tidak bersifat asam atau mengandung alkali, jumlah ion-ion hidrogen adalah sama dengan ion-ion hydroxyl. Apabila terdapat kelebihan ion hidrogen, maka air tersebut menjadi asam, sedangkan kekurangan ion-ion hidrogen menyebabkan air itu mengandung alkali. Jadi konsentrasi ion hidrogen bertugas sebagai petunjuk mengenai reaksi air, air limbah atau air selokan. Larutan-larutan netral mempunyai pH =7, asam mempunyai pH kurang dari 7, sedangkan larutan-larutan yang mengandung alkali mempunyai pH yang lebih tinggi dari pada 7. Air limbah domestik yang normal biasanya mengandung sedikit alkali.

Pengukuran pH adalah sesuatu yang penting dan praktis, karena banyak reaksi-reaksi kimia dan biokimia yang penting yang terjadi pada tingkat pH yang khusus atau dalam lingkungan pH yang sempit. Suatu pengetahuan tentang pH adalah sangat berguna dalam pengendalian dan pengoperasian sarana instalasi pembenahan limbah, diluar itu tidak mempunyai arti bagi kesehatan (Muhida, 1984).

Karakteristik umum konsentrasi pH didalam air lindi dalam kurun waktu tertentu memiliki beberapa perbedaan. Dalam beberapa tahun, lindi mengandung

bahan organik yang mudah terdegradasi. Nilai pH biasanya berada pada rentang 6-7 dan mungkin bisa lebih kecil didalam *landfill* kering. Sedangkan karakteristik untuk lindi tua , setelah tahun ke 4 dan 5, pH mengalami peningkatan dengan rentang 7-8. Perubahan nilai dari hasil penurunan pH ini telah siapnya bahan organik yang telah terdegradasi dan adanya produksi gas (McBean , 1995).

2.5.2 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Analisis BOD dikembangkan di Inggris pada tahun 1990 an. Analisis ini dilakukan karena teramati bahwa pada air yang tercemar selalu mengalami kekurangan oksigen yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Berapa besar kekurangan oksigen yang dibutuhkan untuk memulihkan pencemaran, inilah yang merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran. Analisis BOD digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen (akibat aktivitas mikroorganisme) untuk mengoksidasi materi organik dan amoniak. Umumnya analisis dilakukan selama lima hari atau dikenal dengan BOD₅. Selama lima hari, sebagian besar senyawa yang dapat terbiodegradasi (*biodegradable*) akan teroksidasi. (Setiadi, Chadra dalam Dian Desa, 2008)

Menurut Muhida (1984), ujicoba kebutuhan oksigen biokimia (BOD) merupakan salah satu dari ujicoba-ujicoba yang paling penting untuk menentukan kekuatan atau daya cemar air limbah, sampah industri, selokan-selokan dan air yang telah tercemar. Ujicoba biokimialah yang mengukur jumlah zat organik yang kemungkinan yang dioksidasi oleh kegiatan-kegiatan bakteri aerobik (bakteri yang hidup dengan oksigen) biasanya dalam masa lima hari pada suhu 20 °C. BOD dapat ditentukan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menyeimbangkan zat-zat organik yang dapat dibusukkan di bawah keadaan-keadaan aerobik. Hasil-hasil BOD dapat diterjemahkan dalam istilah-istilah zat organik maupun jumlah oksigen yang digunakan selama oksidasinya karena hubungan kuantitatif yang pasti terdapat diantara jumlah oksigen yang perlu untuk merubah sejumlah tertentu campuran organik yang menjadi karbon oksida dan air.

Ujicoba BOD tergantung pada penentuan oksigen yang larut. Secara singkat ujicoba itu dilakukan dengan cara menambahkan air pencair yang tidak membutuhkan oksigen pada contoh dan menentukan kadar oksigen larutnya (DO) setelah pengenceran. Contoh tersebut kemudian didiamkan selama 5 hari pada suhu 20 °C, dan setelah kadar oksigen yang larut itu kembali diperoleh. Perbedaan kedua nilai ini menunjukkan jumlah oksigen yang dihabiskan oleh contoh selama masa ini dan mewakili BOD (kebutuhan akan oksigen kimia) selama lima hari. Demikianlah penentuan DO (kadar oksigen larut) merupakan dasar utama ujicoba BOD.

BOD merupakan ujicoba utama yang diterapkan terhadap air limbah dan sampah-sampah industri untuk menentukan kekuatan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam memantapkan zat-zat organik dibawah keadaan aerobik. BOD secara luas digunakan untuk menentukan daya pencemaran dan kekuatan air limbah, atau oksigen yang akan mereka butuhkan apabila dibuang kedalam air-air alamiah. Oleh karena itu BOD adalah penting dalam aktivitas pengendalian pencemaran aliran-aliran dan survei-survei yang direncanakan untuk menilai kapasitas penjernihan dari jasad/tubuh air penampung, dianggap sebagai suatu ukuran mengenai jumlah air pengencer yang dibutuhkan untuk pembuangan secara efisien air limbah dengan cara pengenceran

Nilai BOD dari Lindi *landfill* yang muda bersifat asam, berkandungan organik yang tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang juga tinggi meyebabkan konsentrasi BOD relatif tinggi. Sedangkan Lindi dari *landfill* yang sudah tua sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun sehingga menyebabkan konsentrasi BOD lebih redah. Lindi *landfill* sampah kota yang berumur di atas 10 tahunpun ternyata mempunyai BOD dan COD yang tetap relatif tinggi. (Damanhuri, 2008).

2.5.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

Uji COD adalah suatu pembakaran kimia secara basah dari bahan organik dalam sampel. Larutan asam dikromat ($K_2Cr_2O_7$) digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi. Berbagai prosedur COD yang menggunakan

waktu reaksi dari 5 menit sampai 2 jam dapat digunakan. Metode ini dapat dilakukan lebih cepat dari uji BOD. Oleh karena uji COD merupakan analisis kimia, uji ini juga mengukur senyawa-senyawa organik yang tidak dapat dipecah seperti pelarut pembersih dan bahan yang dapat dipecah secara biologi seperti yang diukur dalam uji BOD.

Analisis BOD dan COD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Nilai-nilai COD yang selalu lebih tinggi dari nilai BOD. Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan oleh banyak faktor seperti bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak terhadap oksidasi kimia, seperti lignin; bahan kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak dalam uji BOD 5 hari seperti selulosa, lemak berantai panjang, atau sel-sel mikroba, dan adanya bahan toksik dalam limbah yang akan mengganggu uji BOD tetapi tidak uji COD. Walaupun metode COD tidak mampu mengukur limbah yang dioksidasi secara biologi, metode COD mempunyai nilai praktis. Untuk limbah spesifik dan pada fasilitas penanganan limbah spesifik, adalah mungkin untuk memperoleh korelasi yang baik antara nilai-nilai COD dan BOD. Metode COD cepat, lebih teliti ($\pm 8\%$), dan umumnya memberikan perkiraan-perkiraan kebutuhan oksigen total dari suatu limbah yang berguna (Anonim, 2010)

Menurut Fardiaz, (1992) dalam Yulika (2010), kualitas air ditentukan oleh beberapa parameter, salah satu diantaranya adalah COD yang didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam sampel menjadi CO_2 dan H_2O . Sekitar 85% dari zat yang bereaksi dengan oksigen dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam.

COD digunakan untuk mengetahui zat organik dan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia. Nilai COD dalam air limbah biasanya lebih tinggi dari nilai BOD karena lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dibandingkan oksidasi biologi (Tchobanoglous, G dan Burton, F.L.1991).

2.5.4 TSS (Total Suspended Solid)

Total suspended solid (TSS) merupakan zat-zat padat yang berada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). *Total Suspended Solid* (TSS) yaitu jumlah berat dalam mg/l lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 μm . Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik, tanah liat, kikisan tanah tertentu dan kikisan tanah yang diakibatkan adanya erosi tanah.

Total suspended solid (TSS) yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari yang ada dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas kedalam air oleh tanaman. Jika sinar matahari terhalangi dari dasar tanaman, maka tanaman akan berhenti memproduksi oksigen dan akan mati. *Total suspended solid* (TSS) juga menyebabkan penurunan kejernihan didalam air. Kekeruhan ini disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun nonorganik. Zat organik biasanya berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, serta mendukung perkembangbiakannya. (Purba, 2009)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion terlarut. Didalam air ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat dan kwarts. Perbedaan pokok dari kedua zat ini ditentukan berdasarkan ukuran/diameter partikel-partikel. Analisa zat padat sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan dan pengawasan proses-proses dalam bidang air minum dan air buangan (Sumestri. S dan Alaerts. G, 1984 dalam Purba, 2009)

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh umur sampah perkotaan terhadap konsentrasi pH, BOD, COD, TSS, dan mengetahui produksi lindi pada sampah perkotaan dengan menggunakan kolom *landfill* secara seri berdasarkan pendekatan pada *landfill* aslinya.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian termasuk dalam penelitian eksperimen skala laboratorium dengan pengamatan langsung hasil lindi dari kolom *landfill* secara seri. Secara garis besar penelitian ini meliputi kegiatan sebagai berikut:

1. Mengamati karakteristik sampah perkotaan berdasarkan umur sampah tertentu.
2. Mengamati pengaruh penambahan air terhadap kuantitas dan kualitas lindi berdasarkan periode waktu tertentu.
3. Analisa konsentrasi pH, BOD, COD, dan TSS dalam lindi dari berbagai umur sampah berdasarkan periode waktu tertentu.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan dalam dua tempat. Untuk pengoperasian kolom *landfill* dilakukan di halaman belakang kampus FTSP dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta.

3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama enam (6) minggu dari proses persiapan penelitian, proses pembuatan dan pengoperasian kolom *landfill*, pengujian sampel di laboratorium, pengolahan data dan penyusunan laporan akhir.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan merupakan segala usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang akan atau sedang diteliti. Informasi itu dapat diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-karangan ilmiah, tesis dan disertasi, peraturan-peraturan, ketetapan-ketetapan, buku tahunan, ensiklopedia, dan sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik lain.

b. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer merupakan pengumpulan data-data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, yaitu pengujian komposisi sampah, pengujian kadar abu, kadar air dan kadar volatil, serta mengukur produksi lindi dan pengukuran karakter lindi pH, BOD, COD, TSS pada periode waktu tertentu.

c. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan berupa data penunjang sebagai pembanding dalam penelitian, seperti jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian, seperti data hasil pengujian kadar COD, BOD, pH, TSS dan lainnya.

3.5 Bahan dan Alat Penelitian.

3.5.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk proses penelitian terdiri dari :

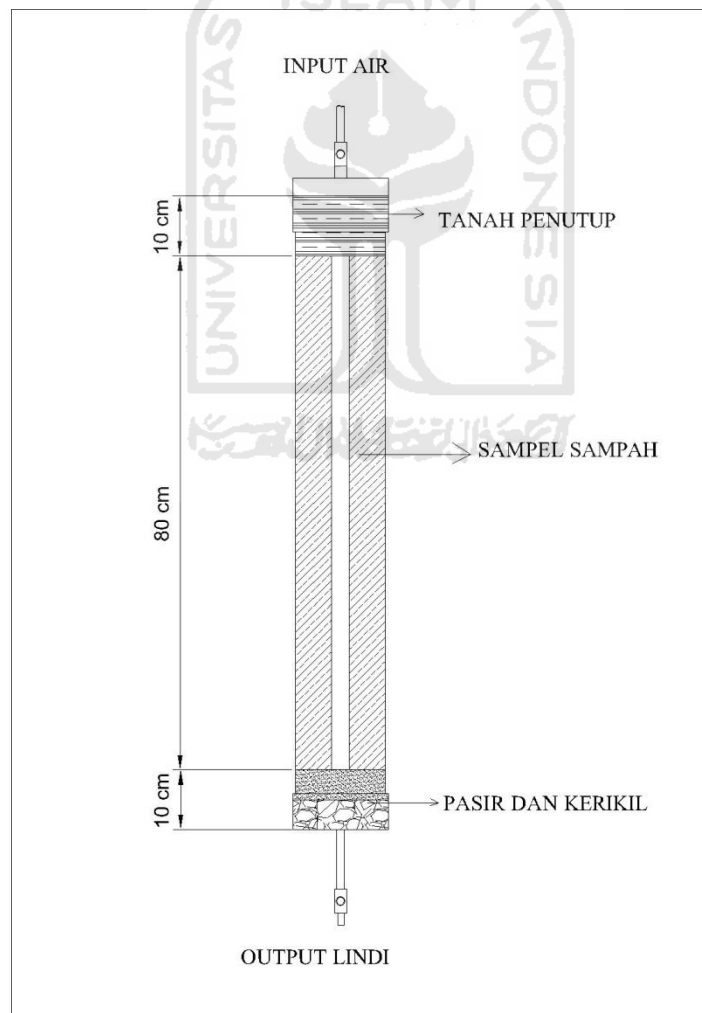
1. Bahan utama adalah sampah padat yang diambil dari TPA Piyungan berdasarkan umur sampah.
2. Bahan Pembuatan kolom *landfill* berupa : Pipa PVC diameter 6 inci dan ½ inci, penutup pipa 6 inci, pipa fitting T ½ inci, stop kran ½ inci, lem PVC dan mika transparan.

3. Bahan tambahan berupa tanah penutup sebagai pelapis permukaan sampah, pasir dan krikil sebagai filter, kayu sebagai penahan kolom, selang dan kawat.

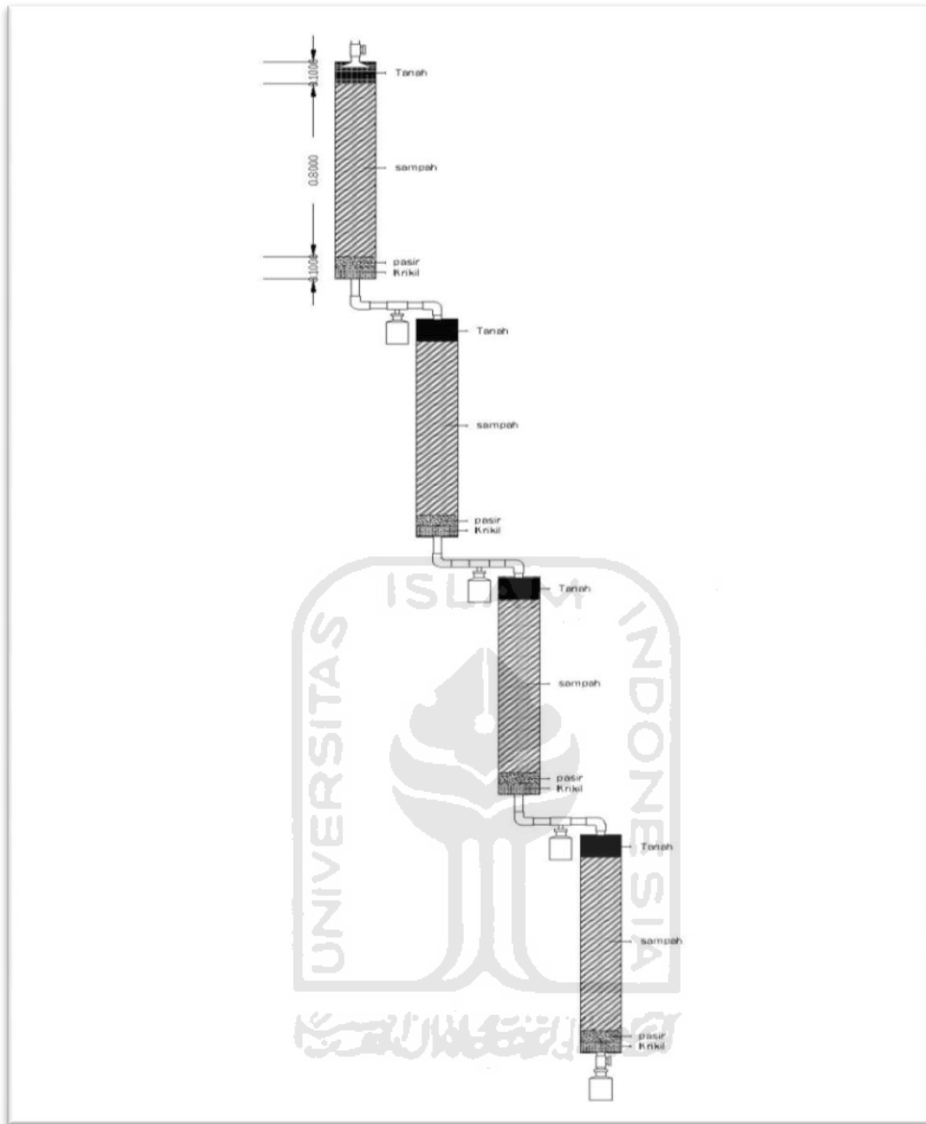
3.5.2 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Alat sampling sampah berupa : Garpu pengukit tanah, bor kecil pengungkit tanah, sekop besar, dan plastik ukuran besar.
2. Alat pembuatan kolom *landfill* berupa : Pemotong elektrik, gunting, cutter dan penunjuk skala gas (dari kertas milimeter).
3. Alat untuk persiapan sampel ke kolom *landfill* : timbangan, wadah sederhana, sarung tangan, plastik kecil dan masker.



Gambar 3.1 Desain Kolom *Landfill*



Gambar 3.2 Desain Kolom *Landfill* secara seri.

3.6 Metode Sampling dan Pengukuran

3.6.1 Metode Sampling

Proses untuk mendapatkan lindi dari degradasi sampah perkotaan menggunakan kolom *landfill*. Kolom *landfill* sampah terdiri dari 4 kolom, dimana urutan teratas terdiri dari umur sampah : < 1 tahun, 1-2 tahun, 2-5 tahun, dan > 5 tahun yang tersusun secara seri. Lindi yang didapat diperoleh dengan pemberian air yang berasal dari sumber sumur pompa. Pemberian didasarkan dari curah hujan dan hari hujan tahunan yang dikonversi berdasarkan pendekatan mingguan

yaitu sebesar 2,49 liter atau pemberian air sebesar 830 ml setiap 2 hari dengan waktu kontak pemberian air \pm 75 menit atau sekitar 11,07 ml/menit. Waktu kontak air sekecil mungkin dilakukan bertujuan agar air dapat meresap kedalam sampah sehingga memberi kesempatan sampah untuk mengalami pembusukan oleh aktifitas mikroba dan bahan lain yang terdapat dalam sampah. Hasil pelirihan air lindi akan tertampung pada botol sampel dari masing-masing kolom *landfill*.

3.6.2 Metode Pengukuran

Pengukuran sampel lindi diambil berdasarkan periodik waktu tertentu. Pada penelitian ini dilakukan selama 6 (enam) minggu. Penelitian menggunakan 4 (empat) variasi berdasarkan umur sampah tertentu yang ditunjukkan pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Umur Sampah di TPA Piyungan Berdasarkan Tahun dan Tempat Penimbunan

Kolom Sampah	Lokasi Sampah	Tahun Penimbunan	Umur Sampah
1	Zona I	1995-2005	>5 tahun
2	Zona II	2005-2009	2 – 5 tahun
3	Zona III	2009-2011	^{*)} 1-2 tahun
4	Zona III	2009-2011	< 1 tahun

(Sumber : Pengelola TPA Piyungan)

^{*)}Untuk umur sampah antara 1 - 2 tahun dapat diketahui melalui tempat penimbunan lokasi sampah di TPA Piyungan.

Berdasarkan waktu dan variasi yang digunakan dalam penelitian ini, pengukuran konsentrasi pH, BOD, COD dan TSS serta produksi lindi dilakukan setiap 1 minggu sekali pada lindi yang telah tertampung disetiap kolom *landfill*. Pengukuran volume lindi dilakukakan setiap hari pada tampungan lindi yang terakhir.

3.6.3 Pengujian laboratorium

Pengujian laboratorium meliputi pemeriksaan data awal sampel berupa komposisi organik-anorganik sampah, kadar air, kadar abu dan kadar volatil serta

berat jenis sampah dari TPA Piyungan. Pengukuran lanjutan yaitu pengujian konsentrasi lindi (pH, BOD, COD dan TSS) serta akumulasi produksi lindi dari hasil infiltrasi pada kolom *landfill*.

a. Analisa BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menyeimbangkan zat-zat organik yang dapat dibusukan dibawah keadaan-keadaan aerobik, biasanya dalam masa lima hari pada suhu 20 °C. Metode pengujian BOD mengacu pada SNI 6989.72 tahun 2009 dan pengukuran DO secara yodometri mengacu SNI 06-6989.14 tahun 2004.

b. Analisis COD (*Chemical Oksigen Demand*)

Analisis kebutuhan oksigen kimia dengan refluks tertutup secara spektrofotometri mengacu pada SNI 6989.2 tahun 2009. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup.

c. Analisa TSS (*Total Suspended Solid*)

Pengujian padatan tersuspensi total mengacu pada SNI 06-6989.3, tahun 2004. Padatan tersuspensi total merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Prinsipnya yaitu contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103 °C – 105 °C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

d. Analisa Derajat Keasaman (pH)

Pengujian pH mengacu pada SNI 06-6989.11 tahun 2004 yang berjudul tentang Air dan Air limbah - Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter.

Tabel 3.2 Standar pengujian parameter

Parameter	No. SNI	Judul	Metode Pengukuran
pH	SNI 06-6989.11-2004	Air dan Air limbah – Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter	pH Meter
BOD	<ul style="list-style-type: none"> • SNI 06-6989.14-2004 • SNI 6989.72-2009 	<p>Air dan Air limbah – Bagian 14 : Cara uji oksigen terlarut (DO) secara yodometri (modifikasi azida)</p> <p>Air dan Air limbah – Bagian 72 : Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biological Oxygen Demand/BOD)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Yodometri • DO Meter
COD	SNI 6989.2-2004	Air dan air limbah – Bagian 2 : Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (<i>Chemical Oxygen Demand/COD</i>) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri	Spektrofotometri
TSS	SNI 06-6989.3-2004	Air dan Air limbah – Bagian 3 : Cara uji padatan tersuspensi total (<i>Total Suspended Solid, TSS</i>) secara gravimetri	Gravimetri

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI)

1.7 Pengolahan Data

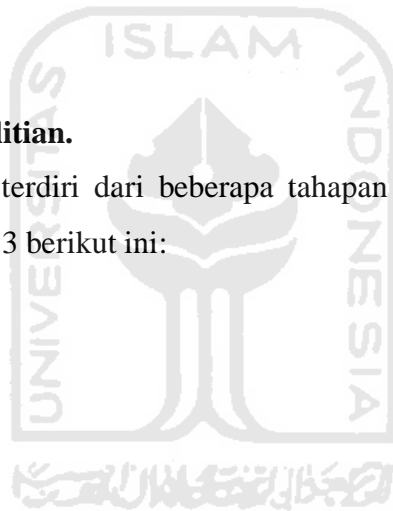
Pengolahan data dilakukan dengan menganalisa hasil data dari pengujian konsentrasi pH, COD, BOD, dan TSS serta produksi lindi yang dihasilkan dengan penambahan air berdasarkan periode waktu tertentu. Mengetahui hubungan antara pengaruh umur sampah terhadap konsentrasi pH, COD, BOD dan TSS.

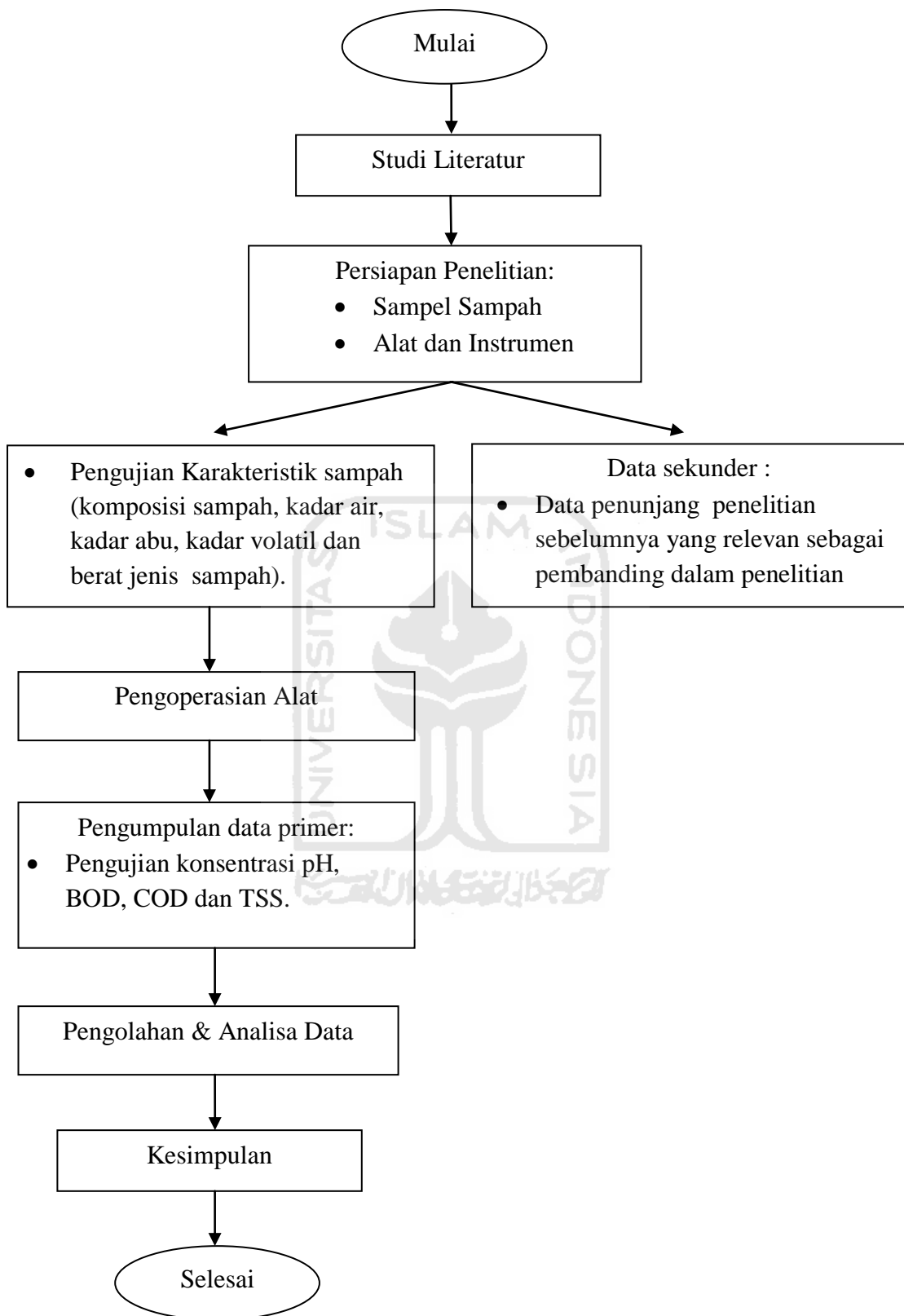
1.8 Hipotesa

Berdasarkan dari tinjauan pustaka dan rujukan jurnal-jurnal penelitian yang relevan dengan topik penelitian tentang pengaruh umur sampah terhadap konsentrasi pH, COD, BOD dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan nilai pH untuk lindi hasil degradasi sampah muda umumnya memiliki nilai pH lebih rendah dibandingkan nilai pH lindi hasil dekomposisi sampah tua yang cenderung basa dan netral. Untuk konsentrasi BOD dan COD mengalami penurunan seiring dengan lamanya umur sampah. Dari hipotesa tersebut peneliti melakukan penelitian apakah keterkaitan pengaruh umur sampah terhadap konsentrasi pH, COD, BOD dan TSS sesuai dengan pendekatan menggunakan kolom *landfill* secara seri.

1.9 Diagram Alir Penelitian.

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pengerjaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut ini:





Gambar 3.3 Diagram alir metode penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Umum

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi umur sampah terhadap konsentrasi pH, BOD, COD dan TSS pada lindi hasil degradasi sampah perkotaan dan mengetahui besarnya produksi air lindi (*leachate*) sampah perkotaan pada kolom *landfill* berdasarkan periodik waktu tertentu. Penelitian dilakukan menggunakan kolom *landfill* dengan komposisi sampah mengikuti keadaan langsung di TPA Piyungan, dengan skala lebih kecil sebagai perbandingan dengan TPA piyungan.

Tahapan awal penelitian ini yaitu mendesain kolom *landfill* dengan volume total tiap kolom *landfill* yaitu sebesar 18,23 liter yang terbagi atas 1,823 liter tanah penutup, 14,59 liter sampah dan 1,823 liter pasir dan kerikil sebagai filter di bagian dasar kolom yang tersusun secara seri. Penambahan air dilakukan setiap minggu sebesar 2,49 liter. Berat awal volume sampah yang dimasukkan kedalam masing-masing kolom yaitu, KL1 (<1 tahun) = 4,04 kg/lt, KL2 (1-2 tahun) = 3,22 kg/lt, KL3 (2-5 tahun) = 4,48 kg/lt dan KL4 (>5 tahun) = 7,04 kg/lt.

Sebelum sampah TPA Piyungan dimasukkan ke dalam kolom *landfill*, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik umum pada masing-masing umur sampah di TPA Piyungan. Pengujian yang dilakukan antara lain : komposisi sampah, berat jenis sampah, kadar air, kadar abu dan kadar volatil. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2 berikut ini :

4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Sampah

4.2.1 Hasil Pengujian Komposisi Sampah

Pengujian komposisi sampah dilakukan dengan sampel sebanyak 1 kg setiap sampel sampah. Komposisi sampah dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Komposisi sampah TPA Piyungan.

No	Komposisi Sampah	Sampah < 1 tahun.		Sampah 1-2 tahun		Sampah 2-5 tahun		Sampah >5 tahun	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
1	Tanah humus	0,24	24	0,45	45	0,52	52	0,56	56
2	Plastik	0,21	21	0,25	25	0,23	23	0,24	24
3	Organik	0,40	40	0,15	15	0,15	15	0,1	10
4	Kain	0,05	5	0,06	6	0,05	5	0,05	5
5	Kaca	0,0	0	0	0	0,05	5	0,02	2
6	Logam	0,04	4	0,05	5	0,05	5	0,03	3
7	Lain-lain	0,06	6	0,04	4	0	0	0,0	0
	Total	1 kg	100	1 kg	100	1 kg	100	1 kg	100

Catatan : Lain-lain (keramik, karet, dll)

Berdasarkan tabel 4.1 karakteristik komposisi sampah TPA Piyungan dari hasil pengujian, sebagian besar terdiri dari bahan organik, tanah humus dan sampah plastik. Dapat dilihat pada komposisi umur sampah <1 tahun, menunjukkan sampah muda memiliki komposisi sampah organik yang tinggi dibandingkan dengan sampah tua. Komposisi sampah muda memiliki kandungan bahan organik sebesar 40 % dari komposisi sampah yang ada. Sampah muda umumnya mudah terurai dan memiliki asam lemak volatil yang tinggi (asam asetat, asam propionat dan asam butirat). Sedangkan pada sampah tua dengan umur sampah 1-2 tahun, 2-5 tahun dan >5 tahun memiliki kandungan tanah yang tinggi berupa humus dan asam fulvat sekitar 45 – 56 % dari komposisi sampah yang ada, yang berasal dari proses degradasi sampah cukup lama. Menurut Barlaz, (1990) dalam Rooker, Alexandria. P, (2000) menyatakan tren dalam komposisi lindi selama dekomposisi telah ditinjau sebelumnya. Dalam lindi terjadi penguraian sampah dengan baik, pembusukan sampah mewakili bahan organik yang terurai, dan proses selanjutnya materi humat akan mendominasi.

Selain sampah organik dan tanah humus yang tinggi, komposisi sampah plastik dalam sampel juga memiliki jumlah yang relatif tinggi yaitu sebesar 20 - 25% pada setiap variasi umur sampah. Banyaknya sampah plastik dikarenakan

sebagian besar sampah berasal dari buangan rumah tangga, perdagangan, industri dan kegiatan pasar. Karakteristik sampah plastik sangat sulit terdegradasi secara alami dan membutuhkan waktu yang lama untuk terurai.

Menurut Tchobanoglous, (1993) dalam Azkha (2006) menyebutkan bahwa tipikal komposisi sampah domestik untuk negara dengan pendapatan rendah adalah jenis sampah sisa makanan (40-85%), sampah kertas (1-10%), sampah plastik, tekstil, karet, kayu dan halaman (1-5%), logam (1-5%), dan kaca (1-10%).

Informasi tentang komposisi sampah dibutuhkan untuk penentuan luas areal tempat pembuangan sampah akhir (TPA) dan pengolahan sampah secara biologi seperti pengolahan *composting*. Menurut Azkha (2006), menyatakan komposisi sampah dibagi kedalam kategori sampah yang terdekomposisi (Pd) dan sampah yang tidak terdekomposisi (Pnd). Dengan demikian, untuk masing-masing variasi umur sampah, perbandingan sampah yang terdekomposisi dan tidak terdekomposisi ini adalah, untuk sampah <1 tahun nilai Pd : Pnd = 79% : 21%, untuk sampah 1-2 tahun nilai Pd : Pnd = 75% : 25%, untuk sampah 2-5 tahun nilai Pd : Pnd = 82% : 18%, dan untuk sampah >5 tahun perbandingan nilai Pd : Pnd = 76% : 24%. Perbandingan ini didasarkan pada komposisi sampah organik (tanah humus + organik) dan anorganik (plastik, logam, kaca, kain dan lain-lain).

4.2.2 Hasil Pengujian Kadar Air, Kadar Abu, Kadar Volatil dan Berat Jenis Sampah.

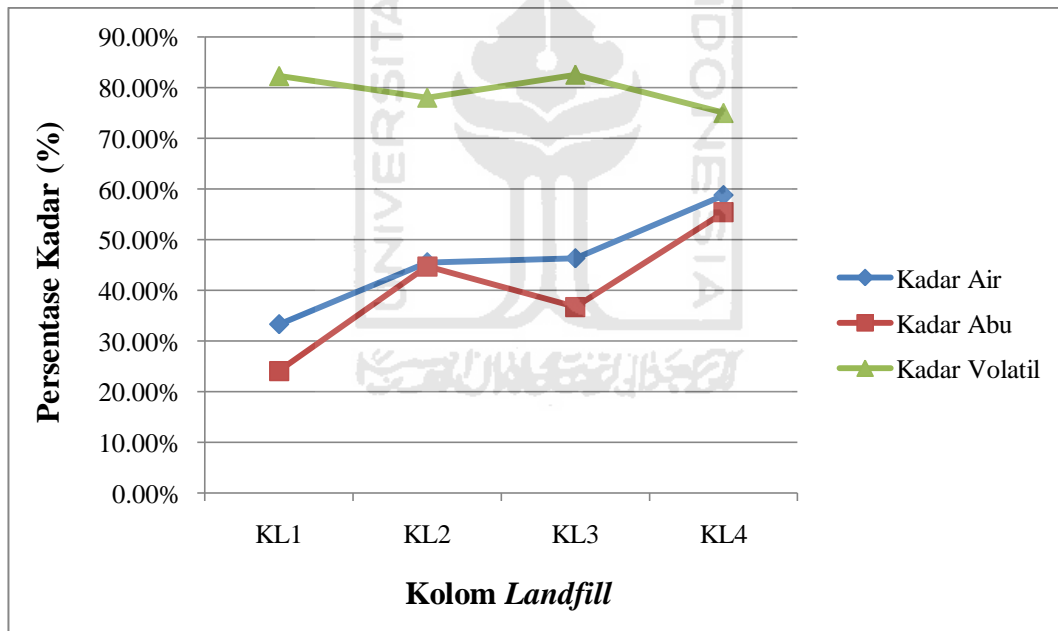
Hasil pengujian kadar air, kadar abu, dan kadar volatil sampah menunjukkan nilai yang berbeda-beda setiap variasi umur sampah. Hasil pengujian kadar air dan kadar abu menunjukkan peningkatan, nilai persentase antara 33,33 % - 58,83 %. Untuk kadar abu nilai persentase berkisar antara 24,11 % - 55,44 %, dan kadar volatil menunjukkan nilai persentase paling besar antara 75,07% - 82,32 %, serta berat jenis sampah berkisar antara 0,277 kg/liter - 0,483 kg/lt. Hasil pengujian karakteristik sampah dari beberapa variasi umur sampah dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini, yaitu:

Tabel 4.2 Data pengujian karakteristik sampah.

Sampel Sampah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Volatil (%)	Berat Jenis (kg/lt)
KL1 (< 1 tahun)	33,33	24, 11	82,32	0,277
KL2 (1-2 tahun)	45,56	44,74	78,08	0,221
KL3 (2-5 tahun)	46,35	36,75	82, 60	0,307
KL4 (> 5 tahun)	58,83	55,44	75, 07	0,483

Keterangan : KL (Kolom *Landfill*)

Pengujian karakteristik sampah berdasarkan umur sampah diatas dapat digambarkan pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1. Data pengujian karakteristik sampah.

Dapat dilihat dari gambar 4.1 diatas, sampah pada kolom KL1 (<1 tahun) memiliki kadar air lebih kecil dan cenderung mengalami peningkatan dari kolom KL2 (1-2 tahun), KL3 dan KL4 (> 5 tahun). Penelitian menunjukkan kadar air rata-rata umur sampah <1 tahun sebesar 33,33%. Hal ini sesuai dengan literatur dimana untuk sampah domestik tipikal kelembapan adalah 15-40% (Tchobanoglous, 1993 dalam Azkha 2006). Sedangkan tingginya kadar air pada

sampah berumur 1-2 tahun, 2-5 tahun, dan >5 tahun terjadi karena tingginya kelembapan sampah yang dipengaruhi oleh komposisi sampah, musim dan curah hujan. Dari karakteristik secara visual komposisi sampah KL2, KL3 dan KL4 terdiri dari tanah humus dengan kelembapan yang tinggi.

Untuk kandungan kadar volatil yang dihasilkan keseluruhan dari kolom sampah KL1 (< 1 tahun), KL2 (1-2 tahun), KL3 (2-5 tahun), dan KL4 (> 5 tahun) memiliki persentase yang tinggi sekitar 70 – 80 %, dengan rata-rata keseluruhan kadar volatil sebesar 79,5 %. Presentase kadar sampah tersebut melebihi nilai yang sesuai dengan literatur untuk sampah domestik, dengan kadar volatil sampah berkisar 40 – 60% (Tchobanoglous, 1993 dalam Azkha 2006). Dalam pengelolaan sampah, tujuan penentuan kadar volatil sampah yaitu untuk memperkirakan seberapa besar efektifitas pengurangan (reduksi) sampah menggunakan metode pembakaran (*Incenerator*) berteknologi tinggi. (Azkha, 2006).

Nilai Kadar abu dari proses pembakaran pada suhu tinggi secara umum mengalami peningkatan pada setiap umur sampah, berkisar antara 24,11% – 55,44% dengan persentase sampah muda (<1 tahun) sebesar 24,11%, dan umur sampah 1-2, tahun, 2-5 tahun dan >5 tahun rata-rata sebesar 45,64%. Menurut Tchobanoglous, (1993) dalam Azkha, (2006) menyatakan bahwa kadar abu sebesar 10 – 30% pada sampah domestik. Ini berarti dengan proses pembakaran suhu tinggi, sampah muda mudah untuk tereduksi dengan kemampuan sebesar 75,89% dan sisa pembakaran yang merupakan abu sebesar 24,11%. Sedangkan pada sampah tua sulit untuk mereduksi dengan kemampuan sebesar 54,36% dan sisa pembakaran yang merupakan abu sebesar 45,64%. Dengan kata lain proses pembakaran sampah tua dengan suhu tinggi kurang efektif dalam hal pengolahan sampah di TPA Piyungan karena komposisi sebagian besar humus. Kadar abu merupakan sisa proses pembakaran pada suhu tinggi. Dengan penentuan kadar abu ini dapat dilihat keefektifan kinerja proses pembakaran (Azkha, 2006).

Tingginya kadar organik dan anorganik juga berpengaruh terhadap berat jenis sampah. Berdasarkan penelitian didapatkan berat jenis sampah domestik pada sampah KL1 (<1 tahun) dan KL2 (1-2 tahun) memiliki berat jenis sampah lebih kecil yaitu 0,277 dan 0,221 kg/lit dibandingkan KL3 (2-5 tahun) dan KL4 (>

5 tahun) sebesar 0,307 dan 0,483 kg/lt. Perbedaan berat jenis ini karena sampah dalam kolom landfill KL1 dan KL2 memiliki komposisi dan berat sampah yang tidak seragam serta belum sepenuhnya terdegradasi menjadi padatan (tanah humus). Berbeda dengan sampah pada umur tua umumnya komposisi sampah merata dengan karakteristik terdiri dari tanah humus dan sampah anorganik yang sukar terurai hasil dekomposisi sampah dalam rentang waktu yang cukup lama. Rata-rata keseluruhan berat jenis pada semua umur sampah yaitu sebesar 0,322 kg/liter. Menurut Tchobanoglous, (1993) dalam Azkha, (2006). Dari literatur juga didapatkan untuk komponen sampah makanan berat jenisnya adalah 0,29 kg/liter, sedangkan untuk sampah kertas dan plastik berat jenisnya 0,07 – 0,09 kg/liter.

Menurut Simon (2007) menyatakan bahwa berat jenis sampah bukanlah suatu standar yang pasti (mutlak) karena dipengaruhi oleh faktor geografi wilayah pengambilan sampel, musim dan lamanya waktu penyimpanan sampah serta tingkat representatif yaitu seberapa besar sampel sampah mewakili keadaan sebenarnya.

4.3 Hasil Pengujian Lindi (Leachate)

Sampel untuk pengujian lindi sebanyak 4 sampel, yaitu lindi KL1 (< 1 tahun), KL2 (1-2 tahun), KL3 (2-5 tahun), dan KL4 (> 5 tahun). Hasil lindi diuji setiap satu minggu sekali, dengan dilakukan penambahan air sebelumnya sebesar 2490 ml dengan interval waktu selama enam (6) minggu. Data yang di uji yaitu kualitas lindi dengan parameter pH, COD, BOD dan TSS serta mengamati besarnya volume air lindi yang dihasilkan.

4.3.1 Hasil dan Pembahasan Volume Lindi

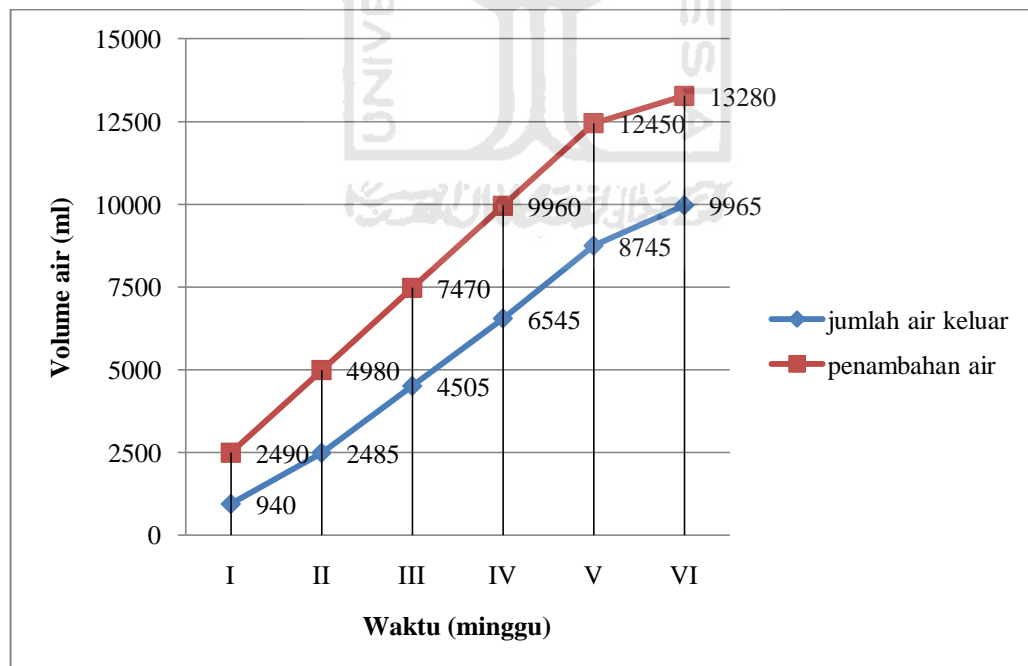
Lindi yang akan diuji ditampung kedalam botol berukuran 140 ml untuk kolom *landfill* 1, 2, dan 3, sedangkan kolom 4 lindi ditampung kedalam botol volume 2 liter. Tabel 4.3 berikut ini adalah volume sampel lindi yang dihasilkan selama 6 minggu pengukuran, yaitu :

Tabel 4.3 Data Penambahan air dan akumulasi air lindi yang keluar

Minggu ke-	Penambahan Air (ml)	Akumulasi Air Keluar (ml)
1	2490	$\Sigma = 940$
2	2490	$\Sigma = 1545$
3	2490	$\Sigma = 2020$
4	2490	$\Sigma = 2040$
5	2490	$\Sigma = 2200$
6	830	$\Sigma = 1220$

(Sumber: Data Primer, 2011)

Volume lindi yang dihasilkan dari sampel tersebut digambarkan pada gambar akumulasi sampel air yang masuk dan lirihan lindi dari sampah yang keluar berikut :



Gambar 4.2 Akumulasi perbedaan jumlah air yang masuk dengan air (lindi) yang keluar

Dari Gambar 4.2 terlihat akumulasi perubahan volume lindi pada keempat (4) kolom *landfill* yang diamati setiap minggunya. Hasil pemeriksaan akumulasi volume lindi ini menunjukkan nilai yang lebih rendah dari pemberian volume air awal dan hasil keluaran lindi cenderung meningkat setiap minggunya. Presentase akumulasi air untuk minggu I sebesar 37,75 %, minggu ke-2 sebesar 49,90%, minggu ke-3 sebesar 60,30%, minggu ke-4 sebesar 65,71 %, minggu ke-5 sebesar 70,24 % dan minggu ke-6 sebesar 75,03%. Total rata-rata volume lindi yang dihasilkan pada ke-4 kolom *landfill* yang tersusun secara bertingkat sebesar 59,52% air lindi dari total air yang masuk.

Dari persentase tersebut, dapat diketahui bahwa didalam kolom *landfill* kemampuan sampah dalam menyerap air relatif tinggi. Tingginya air yang terserap karena pada setiap kolom *landfill* sampah memiliki komposisi terdiri dari sampah organik (tanah humus + organik) dan anorganik (plastik, logam, kain, dll) yang tinggi. Hal tersebut dapat dilihat dari (tabel 4.1) dimana komposisinya 60-70 % adalah organik. Sumber primer bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun, dan buah. Bahan organik dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis sehingga unsur karbon merupakan penyusun utama dari bahan organik tersebut. Bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air karena bahan organik, terutama yang telah menjadi humus dengan ratio C/N 20 % dan kadar C 57% dapat menyerap air 2 - 4 kali lipat dari bobotnya. Jumlah kelembapan yang dapat ditahan dalam sampah akibat gaya gravitasi biasa disebut Field capacity. Biasanya field capacity sebesar 30% dari volume sampah total (Anonim, 2011). Faktor lainnya yaitu adanya tanah penutup lapisan sampah. Penutup pasir dapat menyimpan 6-12 % dari air yang melaluinya, dan tanah liat 23-31% (Martono, 1995).

Menurut Słomczyńska dan Słomczyński, (2004) dalam Putranto, (2011) menyatakan kenaikan jumlah volume lindi dipengaruhi oleh kandungan *moisture* pada sampah, komposisi sampah padat, transformasi biokimia dan fisik akibat perubahan kelembapan pada wilayah *landfill*.

Menurut Anonim, dalam Setianingrum, (2011) juga menyatakan kenaikan volume lindi dipengaruhi oleh sudah adanya proses degradasi yang baik yang dilakukan oleh bakteri. Hal ini disebabkan terjadinya proses hidrolisis pada sampah. Proses hidrolisis harus mampu menghidrolisis senyawa kompleks. Pada proses hidrolisis, organisme hidrolitik akan menghidrolisis senyawa organik kompleks seperti protein, polikarbonat, lipid, dan lain-lain sehingga menjadi senyawa organik sederhana (format, asetat, propionate, butirat dan asam lemak lainnya).

Menurut (Sharifani dalam Setianingrum 2011) menyatakan bahwa temperatur dan pH merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam degradasi organik secara anaerob. Pada sampel lindi ini suhu berkisar antara 25 hingga 26 °C. Suhu ini berada di bawah suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri (Anonim, 2011) dengan suhu luar ruangan berkisar antara 25 hingga 33 °C.

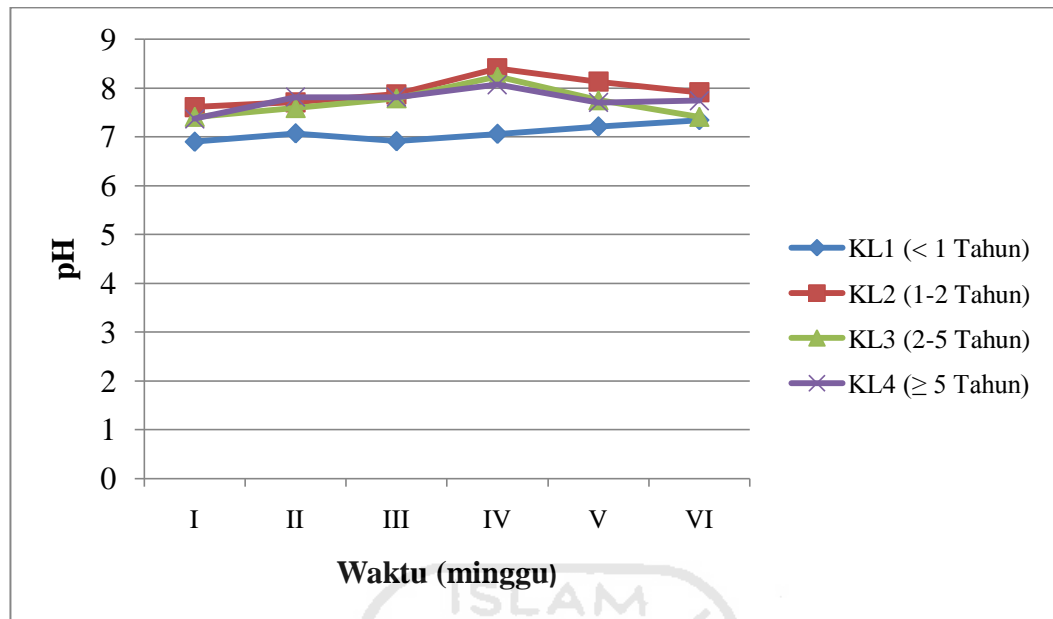
4.3.2 Hasil dan Pembahasan pH.

Pengujian ini menunjukkan bahwa volume dan kadar pH yang dihasilkan lindi (*leachate*) pada minggu ke -1, minggu ke -2, minggu ke -3, minggu ke -4 , minggu ke -5 dan minggu ke -6 pada berbagai umur sampah. Pada tabel 4.4 dibawah, dapat memprediksikan bagaimana kondisi pengaruh variasi umur sampah terhadap konsentrasi pH, yaitu :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian pH

Kolom	pH Lindi					
	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V	Minggu VI
KL1	6,9	7,07	6,91	7,06	7,21	7,34
KL2	7,61	7,71	7,87	8,4	8,13	7,91
KL3	7,41	7,59	7,79	8,23	7,75	7,41
KL4	7,37	7,81	7,81	8,07	7,7	7,74

Nilai pH lindi berdasarkan setiap kolom sampel selama (6) enam minggu tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3 Perubahan pH air lindi setiap kolom pada berbagai waktu

Dapat dilihat dari gambar tersebut, pada sampah muda KL1 (<1 tahun) memiliki nilai pH paling rendah dibandingkan dengan kolom *landfill* KL2 (1-2 tahun), KL3 (2-5 tahun) dan KL4 (>5 tahun), yaitu antara 6.9-7,34. Lindi yang dihasilkan dari sampah muda berasal dari proses biodegradasi bahan organik (seperti : asam organik). Nilai pH biasanya memiliki rentang antara 6 – 7 dan bahkan lebih rendah pada timbunan sampah kering (McBean, 1995). Penurunan nilai pH yang ditunjukkan pada sampah muda kolom KL1 (<1 tahun) ini menunjukkan adanya tahapan degradasi sampah pada fase asidogenesis yang bekerja di kolom *landfill* tersebut, dimana hasil degradasi sampah menghasilkan asam organik. Setelah minggu ke-2 sampai minggu ke-6, pada kolom KL1 (<1 tahun) nilai pH cenderung mengalami peningkatan akibat menurunnya bahan organik yang terurai, sehingga konsentrasi asam organik berkurang. Nilai pH pada kolom *landfill* KL2 (1-2 tahun), cenderung lebih tinggi dengan rentang pH antara 7,61-8,4 dibandingkan nilai pH pada kolom *landfill* KL3 (2-5 tahun) dan KL4 (>5 tahun), yang cenderung stabil dengan rentang pH antara 7,21 – 8.13. Peningkatan nilai pH pada kolom *landfill* KL2 (1-2 tahun), menunjukkan terjadinya dekomposisi dari fasa asidogenesis menjadi metanogenesis, sedangkan

pada kolom *landfill* KL3 dan KL4 nilai pH cenderung mulai stabil. pH telah ditemukan meningkat dengan penurunan biodegradasi sampah ketika perubahan dari fase acidogenik menjadi methanogenik. Pada fase methanogenik ini biasanya terjadi pada umur sampah tua. (C Visvanathan. dkk, 2004).

Menurut McBean, (1995) menyatakan sampah yang berumur antara 4 – 5 tahun nilai pH akan menurun dengan rentang antara 7 – 8. Perubahan terjadi sebagai akibat dari menurunnya bahan organik yang terurai dan adanya produksi gas. Nilai pH yang stabil membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memasuki fase methanogenesis.

Menurut Iswanto, dkk, (2007) dalam setianingrum (2011) menyatakan penurunan nilai pH dapat disebabkan kolom *landfill* dalam keadaan asam. Hal ini menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan bahan organik yaitu karbohidrat diuraikan menjadi glukosa dan glukosa diuraikan lagi menjadi asam organik, menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Terjadinya penguraian asam organik menjadi CO_2 dan H_2O menyebabkan penurunan asam organik dalam kolom *landfill* sehingga mengakibatkan nilai pH naik. Nilai pH memiliki pengaruh yang sangat penting dalam proses degradasi air lindi. Pengolahan air lindi dalam waktu singkat maka menghasilkan nilai pH dalam kolom semakin besar, sedangkan semakin lama waktu penelitian yang digunakan dalam penelitian maka nilai pH semakin netral. Nilai pH netral menunjukkan proses degradasi berlangsung secara baik dan optimal.

4.3.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian COD

COD digunakan untuk mengetahui zat organik dan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia. Lindi dari *landfill* yang sudah tua sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relative rendah.

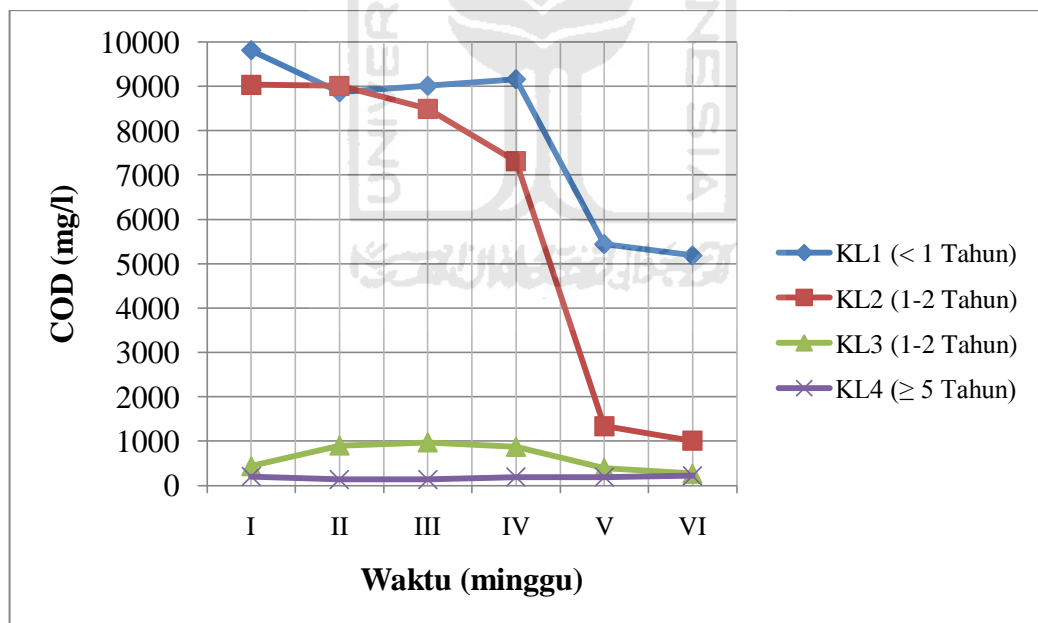
Hasil pengujian menunjukkan perbedaan konsentrasi COD dalam lindi berdasarkan umur sampah yang dimasukkan ke dalam kolom *landfill* dan perubahan konsentrasinya terhadap waktu atau lamanya proses biodegradasi berlangsung. Pengujian COD dilakukan terhadap lindi (*leachate*) yang dihasilkan

setiap minggu pada minggu ke -1, minggu ke -2, minggu ke -3, minggu ke -4, minggu ke -5 dan minggu ke -6. Pada penelitian diperoleh data pengujian COD sampel lindi pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian COD pada lindi dengan spektrofotometri

Kolom	Konsentrasi COD (mg/l)					
	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V	Minggu VI
KL1	9813	8865	9010	9159	5442	5185
KL2	9034	9010	8496	7311	1340	1011
KL3	436	901	972	871	397	267
KL4	203	135	136	192	190	222

Konsentrasi COD berdasarkan periode waktu dan perbedaan karakteristik umur sampah organik-anorganik terlihat pada gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4 Perubahan konsentrasi COD setiap kolom pada berbagai waktu

Pada pembacaan data gambar COD diatas, berdasarkan variasi umur sampah nilai konsentrasi COD cenderung mengalami penurunan pada setiap kolom *landfill*. Pada kolom KL1(<1 tahun) dan KL2 (1-2 tahun) nilai konsentrasi COD relatif tinggi pada minggu pertama yaitu berkisar antara 7311 mg/l – 9800

mg/lt. Tingginya konsentrasi COD menunjukkan banyaknya materi organik yang terdapat didalam kolom *landfill*. Hal tersebut menunjukkan mikroorganisme tumbuh dan mulai mendegradasi materi organik dalam substrat yang berlangsung pada fasa acidogenesis. Setelahnya, konsentrasi COD cenderung mengalami penurunan seperti pada minggu ke-4 sampai minggu ke -6 dengan penyisihan COD antara 7311 mg/lt- 1011 mg/lt. Menurut Krug dan Ham, (1995) dalam Reinhart dan J. Grosh, (1998) menyatakan penurunan terjadi akibat adanya pengurangan kontaminan organik yang tersedia akibat adanya degradasi dan pencucian di dalam *landfill*.

Tingginya nilai COD di kolom KL2 (1-2 tahun) juga dipengaruhi oleh hasil infiltrasi air lindi yang berada pada kolom *landfill* sampah di atasnya. Sedangkan pada kolom KL3 (2-5 tahun) dan KL4 (>5 tahun) nilai COD relatif kecil. Penurunan nilai COD yang signifikan terjadi pada kolom KL3 sebesar 972 mg/lt – 267 mg/lt dan KL4 (>5 tahun) sebesar 135 – 222 mg/lt. Kecilnya konsentrasi COD ini dipengaruhi oleh karakteristik pengaruh dari umur sampah tersebut. Sampah di TPA yang berumur >5 tahun umumnya di fase methanogenik dan lindi yang dihasilkan disebut sebagai tua atau berbasis nitrogen (C.Visvanathan,dkk, 2004).

Menurut Iswanto, dkk, (2007) berdasarkan percobaan COD yang mereka lakukan selama 24 hari menunjukkan konsentrasi COD berkisar antara 4.601 – 113.970 mg/l. Pada hari ke-12 terjadi kenaikan konsentrasi COD yang disebabkan zat organik dan asam organik hasil degradasi dari mikroorganisme mencapai nilai tertinggi. Terjadinya hal tersebut karena banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mempengaruhi kinerja mikroorganisme di dalam air dalam melakukan perombakan-perombakan pada senyawa-senyawa organik secara kimiawi. Sedangkan setelah hari ke-12 nilai COD berangsur-angsur menurun sampai hari-hari terakhir, dengan bertambahnya waktu karena terjadi penguraian asam organik menjadi CO₂ dan H₂O dengan demikian berkurangnya asam organik.

Menurut Chian dan DeWalle (1976), dalam Reinhart dan carolin J. Grosh (1998) melaporkan konsentrasi COD berada pada kisaran 31,1 sampai 71.680 mg/L dan menurut Ehrig, 1998 dalam Reinhart dan carolin J. Grosh melaporkan konsentrasi COD berada pada kisaran 500 sampai 60.000 mg/L. Penurunan konsentrasi COD terjadi dari waktu ke waktu. Penurunan konstan dalam COD juga berasal dari degradasi bahan organik yang berlangsung terus-menerus. McBean, (1995) dalam bukunya menyatakan nilai COD lindi muda memiliki konsentrasi mulai dari 30.000 sampai 50.000 mg/L dan lindi tua secara ekstensif mengalami pencucian, sehingga nilai COD umumnya menurun kurang dari 2000 mg/L. Selain karena faktor umur sampah, lebih rendahnya nilai COD pada kolom KL4 (>5 tahun) ini dikarenakan kemampuan dari lapisan tanah penutup dan dasar dari sampah itu sendiri dalam menyerap dan menyaring bahan kimia yang ada pada rembesan lindi di atasnya. (Martono, 1996).

Konsentrasi COD erat kaitannya dengan pembentukan metan dan total asam volatil. Substrat dihidrolisis menjadi rantai organik yang lebih pendek, kemudian difermentasikan menjadi asam volatil oleh bakteri asidogenik. Asam volatil yang memiliki rantai lebih dari dua karbon, akan dikonversikan menjadi asetat dan gas H₂ oleh bakteri penghasil H₂ (*obligate hydrogen-producing acetogens*) kemudian diubah menjadi CH₄ oleh bakteri metanogen (Sharina dalam setianingrum, 2011).

4.3.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian BOD

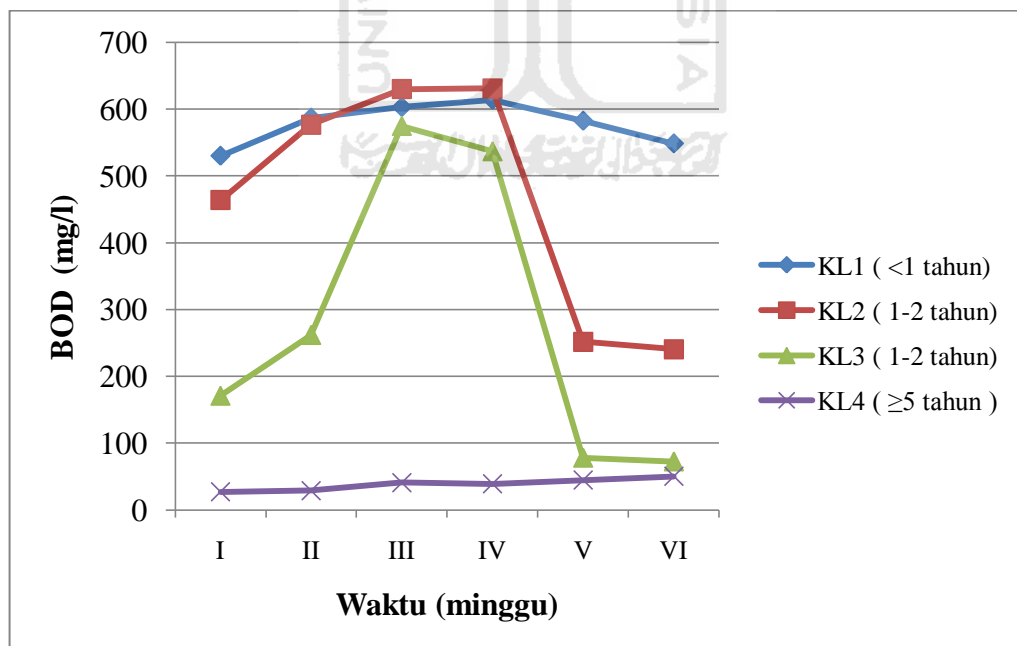
Pengukuran BOD dilakukan sebanyak 6 kali pengujian dengan waktu pengambilan sampel 1 minggu sekali. Setelah sampel air lindi ditampung maka dilakukan pengujian dilaboratorium yang dilakukan untuk menentukan nilai DO₀ dan DO₅. Untuk melihat hasil pengukuran BOD dapat dilihat pada tabel 4.6 seperti dibawah ini:

Tabel 4.6 Data pengujian BOD

Kolom	Konsentrasi BOD (mg/l)					
	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V	Minggu VI
KL1	530	587	603	614	582	548
KL2	464	577	630	631	252	241
KL3	171	262	575	537	78	73
KL4	27	29	41	39	45	50

Dari tabel tersebut, rata-rata BOD yang dihasilkan mengalami penurunan dimana BOD pada kolom landfill KL1 dan KL2 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada kolom KL3 dan KL4. Sedangkan untuk setiap kolom *landfill* pada periode waktu tertentu, umumnya konsentrasi lindi mengalami kenaikan pada minggu pertama sampai dengan minggu ke-4, dan kemudian nilai konsentrasi turun kembali pada minggu ke-5 dan ke-6.

Konsentrasi BOD berdasarkan periode waktu dan perbedaan karakteristik umur sampah organik-anorganik dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 Perubahan konsentrasi BOD setiap kolom pada berbagai waktu

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat hasil pengujian BOD setiap minggunya dengan variasi umur sampah yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Dari gambar tersebut dapat diketahui pada kolom KL1 nilai BOD selama enam minggu memiliki rentang antara 530-613 mg/L, kolom KL2 memiliki nilai BOD dengan rentang antara 241-630 mg/L, dan kolom KL3 memiliki nilai BOD dengan rentang antara 73-575 mg/L serta kolom KL4 memiliki nilai BOD yang rendah dengan rentang 27-50 mg/L.

Secara umum hasil pengukuran konsentrasi BOD memiliki nilai cenderung menurun pada setiap kolom *landfill*. Sedangkan berdasarkan periode waktu pengujian, konsentrasi BOD mengalami kenaikan pada minggu ke-1 sampai dengan minggu ke-4 dan cenderung menurun pada minggu ke-5 dan ke-6. Tingginya BOD dipengaruhi oleh komposisi dari bahan pencemarnya. Sampah muda (lindi segar) memiliki konsentrasi BOD yang relatif lebih tinggi karena memiliki kandungan organik yang banyak. Tingginya angka BOD ini dikarenakan karakteristik umum sampah yang baru/muda tergolong dalam fase acidogenesis, dimana kandungan organik (COD/BOD) lebih tinggi dibandingkan fase methanogenesis. Selain faktor karakteristik umur sampah tingginya nilai BOD pada kolom KL2 (1-2 tahun), KL3 (2-5 tahun) karena dipengaruhi oleh hasil infiltrasi/ rembesan air lindi yang ada pada kolom *landfill* di atasnya. Sedangkan semakin menurunnya nilai BOD pada minggu ke-5 dan ke-6 pada kolom KL1 (<1 tahun), KL2 (1-2 tahun) dan KL3 (2-5 tahun) karena pengurangan kontaminan organik tersedia akibat adanya degradasi sampah dan pencucian (Krug dan Ham, 1995 dalam Reinhart dan J. Grosh, 1998).

Rendahnya nilai BOD pada kolom KL4 (>5 tahun) dipengaruhi karakteristik umum untuk sampah tua tergolong dalam fase methanogenesis. Pada tahapan fase ini penurunan BOD dapat disebabkan sudah adanya proses degradasi yang baik oleh mikroba sehingga mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat dalam kolom *landfill* tersebut. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengujian maka mendapatkan hasil konsentrasi BOD yang semakin menurun. Faktor lain yang mempengaruhi rendahnya nilai BOD pada KL4 (>5

tahun) dipengaruhi oleh lapisan penutup tanah yang secara langsung dapat menyaring dan menyerap bahan organik dan kimia didalam lindi.

Menurut McBean, (1995) menyatakan adanya perbedaan pengaruh kualitas lindi muda dan tua terhadap konsentrasi BOD. Lindi muda umumnya memiliki nilai BOD 1000 mg/L dengan kandungan organik yang tinggi yang terdiri dari asam lemak volatil (asam asetat, asam butirat, dan asam propionat). Sedangkan pada lindi tua, nilai BOD berkisar antara 100 mg/L yang terdiri dari kandungan bahan humus dan asam fulvat.

BOD merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kandungan organik dalam lindi. Chian dan DeWalle, (1976) dalam Reinhart dan J. Grosh, (1998) menyatakan bahwa nilai BOD memiliki kisaran rentang 3,9 sampai 57.000 mg/L. Pendapat lain menurut Ehrig, (1989) dalam Reinhart dan J. Grosh, (1998) nilai BOD berada dikisaran 20 sampai 40.000 mg/L. Kualitas lindi sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu yang telah berlalu sejak penempatan limbah. Jumlah bahan kimia dalam limbah adalah terbatas dan karenanya, kualitas lindi mencapai puncak setelah sekitar dua sampai tiga tahun diikuti dengan penurunan bertahap dalam tahun-tahun berikutnya (McBean, 1995 ; Lu, 1985 dalam Reinhart dan Grosh, 1998).

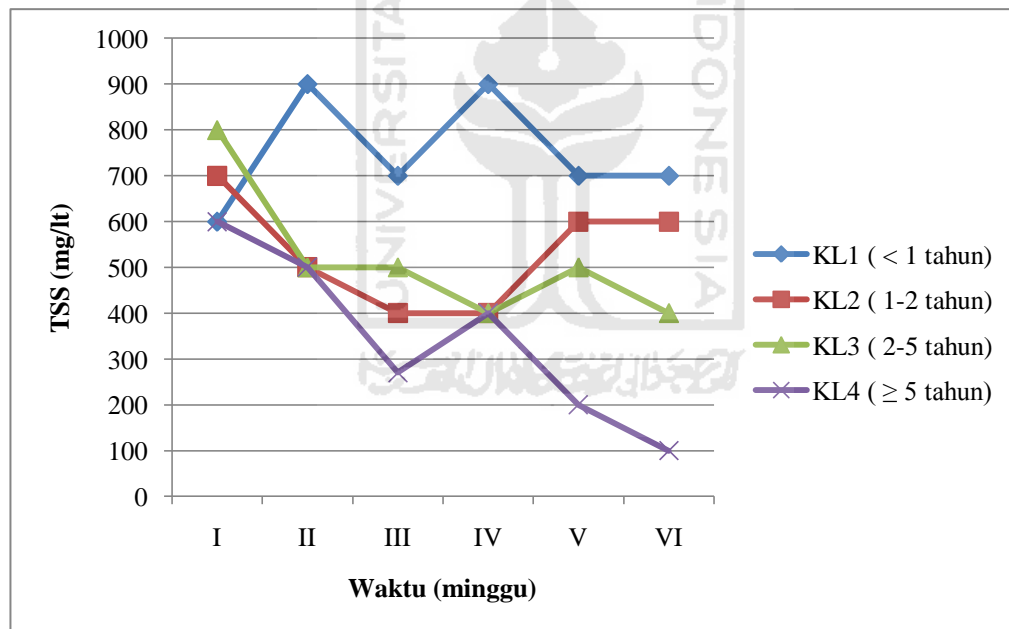
4.3.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian TSS

Parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan untuk mengetahui berapa banyak total padatan yang tersuspensi di dalam air buangan. Tabel 4.7 berikut menunjukkan hasil pengujian konsentrasi TSS, yaitu:

Tabel 4.7 Pengujian konsentrasi TSS

Kolom	Konsentrasi TSS (mg/lt)					
	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V	Minggu VI
KL1	600	900	700	900	700	700
KL2	700	500	400	400	600	600
KL3	800	500	500	400	500	400
KL4	600	500	270	400	200	100

Gambar 4.6 berikut ini adalah hasil pengujian TSS selama enam (6) minggu, yaitu :



Gambar 4.6 Perubahan konsentrasi TSS setiap kolom pada berbagai waktu

Berdasarkan hasil pembacaan gambar, secara umum konsentrasi TSS terjadi fluktuatif pada setiap kolom dengan nilai TSS tertinggi berada pada kolom *landfill* KL1(<1 tahun). Pada kolom KL1 (<1 tahun) nilai TSS berkisar antara 900 mg/lt-600mg/lt, kolom KL2 (1-2 tahun) sebesar 700 mg/lt-400 mg/lt, kolom KL3 (2-5 tahun) sebesar 800 mg/lt-400 mg/lt dan kolom KL4 (>5 tahun) sebesar 600 mg/lt-100 mg/lt.

Pengaruh fluktuasi dan besarnya konsentrasi TSS terjadi pada kolom landfill KL1 (<1 tahun) karena dipengaruhi oleh besarnya pertumbuhan dan kematian bakteri dalam bentuk materi tersuspensi dari degradasi pada sampah muda, sehingga membentuk asam organik berupa asam lemak volatil yang terbawa pada saat infiltrasi air. Zat organik biasanya berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, serta mendukung perkembangbiakannya. Secara visualisasi KL1 (<1 tahun) dan KL2 (1-2 tahun) memiliki tingkat kekeruhan air yang tinggi. Kekeruhan memiliki korelasi positif dengan padatan tersuspensi, yaitu semakin tinggi nilai kekeruhan maka semakin tinggi pula nilai padatan tersuspensi. Sedangkan pengaruh kecilnya konsentrasi TSS dan adanya fluktuasi pada KL2 (1-2 tahun), KL3 (2-5 tahun) dan KL4 (>5 tahun) disebabkan karena semakin menurunnya organik terlarut dari hasil dekomposisi sampah dan adanya materi anorganik yang berbeda-beda yang terbawa pada saat proses infiltrasi berlangsung dan kemudian tersuspensi menjadi sedimen didasar tampungan lindi pada setiap kolom *landfill*.

Namun meningkat atau menurunnya TSS belum bisa dibuktikan jika hanya melihat dari dekomposisi sampah oleh bakteri, karena parameter TSS hanya merupakan parameter untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi di dalam air buangan. Pertumbuhan mikroorganisme dapat dilihat dengan menggunakan parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS) atau materi volatil tersuspensi sebagai pendekatannya. Jika di dalam suatu sistem memiliki VSS yang rendah maka bisa disimpulkan bahwa mikroorganisme tersebut tidak tumbuh dengan baik akibat kondisi lingkungannya tidak optimal. (Wirda dan Handajani, 2009).

Pada pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) ini, besarnya kadar TSS secara umum pada kolom *landfill* KL1 (<1 tahun) sampai dengan KL3 (2-5 tahun) melebihi standar baku mutu limbah cair. Sedangkan pada KL4 minggu ke-5 dan ke-6 konsentrasi lindi sesuai dengan standar baku mutu limbah cair, yaitu 200 mg/lt. *Total suspended solid* (TSS) yang tinggi dapat menghalangi masuknya sinar matahari yang ada dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas ke dalam air oleh tanaman.

Jika sinar matahari terhalangi dari dasar tanaman, maka tanaman akan berhenti memproduksi oksigen dan akan mati. Total suspended solid (TSS) juga menyebabkan penurunan kejernihan didalam air. Kekeruhan ini disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun nonorganik. (Purba, 2009).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisa yang dilakukan peneliti dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi sampah dan umur sampah berpengaruh terhadap konsentrasi lindi terutama pada pH, BOD, COD, dan TSS.
2. Dengan Penambahan air setiap minggu terjadi peningkatan akumulasi volume lindi yang dihasilkan, dengan rerata peningkatan volume lindi sebesar 59,52 % selama rentang waktu 6 minggu.
3. Penambahan air berdasarkan periode waktu tertentu berpengaruh terhadap kualitas lindi yang dihasilkan.
4. Pada penelitian menggunakan kolom *landfill* yang tersusun secara seri ini, konsentrasi lindi pada KL1 (<1 tahun), mempengaruhi kolom *landfill* dibawahnya, terutama pada kolom *landfill* KL2 (1-2 tahun) dan KL3 (2-5 tahun).
5. Konsentrasi BOD dan COD akan semakin menurun seiring dengan lamanya usia atau umur *landfill* akibat degradasi sampah secara terus-menerus, sedangkan nilai pH mengalami kenaikan dari yang bersifat asam menjadi netral dan cenderung basa.
6. Konsentrasi TSS memiliki nilai fluktuatif dan cenderung menurun antar variasi umur sampah, karena nilai TSS dipengaruhi oleh materi organik dari degradasi sampah oleh bakteri/ mikroorganisme dan anorganik yang tersuspensi didalam lindi.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk variasi umur sampel dengan rentang yang lebih dekat, agar hasil yang didapat lebih spesifik.
2. Disarankan untuk penelitian lebih lanjut agar memperhatikan faktor-faktor penting dalam pengujian, seperti mengetahui konsentrasi awal pemberian air sebagai kontrol, perubahan suhu didalam kolom *landfill* dan faktor-faktor penting lainnya.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan parameter kualitas lindi pada *landfill* yang lebih beragam, sebagai pertimbangan dalam penanganan dan pengelolaan lindi lebih lanjut.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. *Manual Teknologi Tepat Guna*. Dian Desa.
- Anonim, 2010. *Bahan Ajar Penanganan Limbah-Revisi 0- Update 02 Februari 2010*. <http://www.scribd.com/doc/50632267/30/Pengukuran-Kebutuhan-Oksigen-dan-Parameter-lain>. diunduh pada tanggal 5 november 2011.
- Anonim, 2011. *Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah*. <http://my.opera.com/MaRph0amat0nte/blog/timbulan-komposisi-dan-karakteristik-sampah>, di unduh pada tanggal 3 November 2011.
- Anonim, 2011. *Sumber Bahan Organik*. Lesman : Boyolali. <http://www.lestarimandiri.org/id/pupuk-organik.html>, diunduh pada tanggal 3 november, 2011.
- Azkha, Nizwardi, 2006. *Analisis Timbulan, Komposisi Dan Karakteristik Sampah Di Kota Padang*. PSIKM FK UNAND. Padang
- BPS, 2010. *Bantul Dalam Angka Tahun 2010*. Bantul. [http://www.bps.go.id/bantul dalam angka.pdf](http://www.bps.go.id/bantul%20dalam%20angka.pdf). di unduh pada tanggal 5 oktober 2011.
- Damanhuri, Enri. 2004. *Diktat Kuliah TL Pengelolaan Sampah*. Departement Teknik Lingkungan, FTSL-ITB. Bandung.
- Damanhuri, Enri. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Departement Teknik Lingkungan, FTSL-ITB. Bandung.
- Fairus, Sirin. dkk. 2011. *Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi :Biogas dan Precursor Briket*. Teknik Kimia, ITENAS. Bandung.
- Hadinata, Febrian. 2009. *Volume dan Komposisi Sampah Rumah Tangga dan Pasar Kota Palembang Tahun 2008*). Teknik Sipil Universitas Brawijaya : Sumatera Selatan.
- Iswanto, Astono, Sunaryati. 2007. *Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau Dari Perubahan Senyawa Organik Dan Nitrogen Dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium*. *Jurnal*. Volume 4 No 1. Hal 24-29. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Trisakti.

- Mahida, U.N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Rajawali : Jakarta.
- Martono, Djoko Heru. 1996. *Pengendalian Air Kotor (Leachate) Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*.
- McBean, Edward A, dkk. 1995. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Englewood Cliffs. New jersey.
- Olaosun, Olatunde.O.2001. *Modeling Leachate Production in Heterogeneous Municipal Solid Waste Landfills*. University Of Calgary. Calgary.
- Pergub D.I.Y, 2010. *Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2011*. Yogyakarta.
- Priambodho,K.2005. *Kualitas Air Lindi Pada Tempat Pembuangan Akhir Sampah Galuga Kabupaten Bogor*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purba, Margareth.E.K, 2009. *Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS), Amoniak (NH₃), Sianida (CN) dan Sulfida (S²⁻) Pada Limbah Cair BAPEDALDASU*. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Putranto, Rizky. 2011. *Pengaruh Fraksi Organik Terhadap Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd Dan Cr) dalam Lindi Hasil Proses Biodegradasi Sampah. Teknik Lingkungan UII : Yogyakarta*.
- Simon, W.A. 2007. *Pemrosesan Sampah Di TPA Sampah Pitungan Melalui Daur Ulang Dan Pengomposan*. Istitut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sunarto. *Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Persampahan dan Upaya Penurunannya Melalui Pengolahan Sampah Di Tempat Pengumpulannya*.
- Reinhart. Debra R., Ph.D. dan Caroline J. Grosh. 1998. *Analysis Of Florida Msw Landfill Leachate Quality*. University of Central Florida : Florida.
- Republik Indonesia. 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*.
http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah.pdf, diunduh pada tanggal 12 Oktober 2011.
- Rooker, Alexandria Pettway. 2000. *A Critical Evaluation Of Factors Required To Terminate The Post-Closure Monitoring Period At Solid Waste Landfills*. Faculty of North Carolina State University. Nort Carolina.

- Setianingrum, Novi. 2011. *Pengaruh Komposisi Sampah Terhadap Karakter Lindi (pH, BOD, COD, dan TDS) Menggunakan Biorektor Anaerobic Sampah Perkotaan*. Teknik Lingkungan UII. Yogyakarta.
- Suprihatin. A, dkk. 1999. *KLH-Sampah dan Pengelolaannya*. PPPGT/VEDC. Malang.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen, dan S.A.Vigil, 1993. *Integrated solid waste management. Engineering principles and management issues*. McGraw Hill International Editions, New York.
- Tchobanoglous, G dan Burton, F.L.1991. *Wastewater Engeneering*. Third Edition. New York : McGraw Hill.
- Visvanathan, Professor, Dr. C, dkk 2004. *State of the Art Review Landfill Leachate Treatment. Environmental Engineering and Management School of Environment, Resources and Development Asian Institute of Technology Klong Luang*. Thailand.
- Wikipedia, 2011. *Jenis-Jenis Sampah*.
http://id.wikipedia.org/wiki/Sampah#Jenis-jenis_sampah, di unduh pada tanggal 12 oktober 2011.
- Wirda, Feby Riyani. dan Marisa Handajani. *Penyisihan Senyawa Organik Pada Biowaste Fasa Cair Dengan Variasi Air Pencampur Pada Rasio 1:2 Dalam Batch Reaktor*. Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Yulika, Jeni. 2010. *Penyerapan Zat Warna Reaktif Cibacron Red Menggunakan Adsorben Sekam Padi*. ITB. Bogor 2010.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Hasil Pengujian pH, COD, BOD, dan TSS.

LAMPIRAN 2 : SNI Pengujian pH, COD, BOD dan TSS.

LAMPIRAN 3 : Dokumentasi Penelitian.



LAMPIRAN



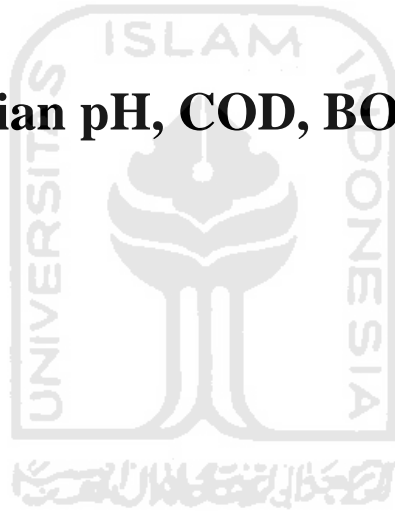
LAMPIRAN 1

Hasil Pengujian pH, COD, BOD, dan TSS



LAMPIRAN 2

SNI Pengujian pH, COD, BOD dan TSS



LAMPIRAN 3

Dokumentasi Penelitian



DOKUMENTASI PENELITIAN





**HASIL PENGUJIAN PARAMETER Ph, COD, BOD, DAN TSS
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Parameter pH						
Kolom Landfill	Minggu ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
KL1 (< 1 Tahun)	6,9	7,07	6,91	7,06	7,21	7,34
KL2 (1-2 Tahun)	7,61	7,71	7,87	8,4	8,13	7,91
KL3 (2-5 Tahun)	7,41	7,59	7,79	8,23	7,75	7,41
KL4 (\geq 5 Tahun)	7,37	7,81	7,81	8,07	7,7	7,74

Parameter COD						
Kolom Landfill	Minggu ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
KL1 (< 1 Tahun)	9813	8865	9010	9159	5442	5185
KL2 (1-2 Tahun)	9034	9010	8496	7311	1340	1011
KL3 (1-2 Tahun)	436	901	972	871	397	267
KL4 (\geq 5 Tahun)	203	135	136	192	190	222

Parameter BOD						
Kolom Landfill	Minggu ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
KL1 (<1 tahun)	530	587	603	614	582	548
KL2 (1-2 tahun)	464	577	630	631	252	241
KL3 (1-2 tahun)	171	262	575	537	78	73
KL4 (\geq 5 tahun)	27	29	41	39	45	50

Parameter TSS						
Kolom Landfill	Minggu ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
KL1 (<1 tahun)	600	900	700	900	700	700
KL2 (1-2 tahun)	700	500	400	400	600	600
KL3 (1-2 tahun)	800	500	500	400	500	400
KL4 (\geq 5 tahun)	600	500	270	400	200	100

