

TUGAS AKHIR
ANALISA TIMBULAN LINDI PADA BERBAGAI UMUR
SAMPAH PERKOTAAN MENGGUNAKAN KOLOM
LANDFILL PARALEL

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



YUDHA PAHING PERDANA

07 513 029

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

2011

TUGAS AKHIR

ANALISA TIMBULAN LINDI PADA BERBAGAI UMUR SAMPAH PERKOTAAN MENGGUNAKAN KOLOM LANDFILL PARALEL

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

Disusun Oleh:

Yudha Pahing Perdana

07 513 029

Disetujui:

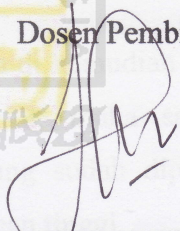
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Kasam, MT

Tanggal: 27-12-2011



Hudori, ST., MT

Tanggal: 2/1/2012

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII




Lugman Hakim, ST., M.Si.

Tanggal: 5/1/2012

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, 29 Desember 2011

Yang membuat

METERAI
TEMPEL
PAJAK MEMBANGUN BANGSA
TGL



84F4CAAF907613361

ENAM RIBU RUPIAH

6000

DJP

Yudha Pahing Perdana

NIM : 07 513 029

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini ku persembahkan kepada..

*Orang tua ku tercinta **H. Gonto, S.sos** dan **Hj. Megawati** terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan, nasehat, doa dan kasih sayang yang tiada henti..*

*Adik-adik ku tersayang **Anto** dan **Putri** terima kasih atas semangat dan doanya..*

***Seluruh keluarga besarku**, terima kasih atas doanya..*

***Temen-temen Lingkungan 2007**, banyak momen-momen yang telah kita lewati bersama. Baik susah, senang, gembira, sedih, tertawa, menangis, semua itu tidak akan pernah kulupakan, banyak pelajaran hidup yang kudapatkan dari kalian, semoga kita semua menjadi pribadi yang sukses baik didunia maupun diakhirat, aamiin.. ☺*

***Temen-temen kost Green Natural** (Uly, Adit, Nugroho, Tyo, Agil, Akis). Temen seperjuangan, senasib, sepenanggungan, susah senang bersama. Aku akan sangat merindukan saat-saat bersama kalian, nongkrong, futsal, dll. Dan aku ucapkan Terima kasih atas dukungan yang besar dan kritikan kalian selama ini.. semoga kita semua sukses didunia dan diakhirat.. aamiin.. juga semoga kita nanti kembali dipertemukan oleh Allah SWT dalam keadaan yang lebih baik lagi.. aamiin.. ☺*

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 Timbulan Lindi Pada Berbagai Umur Sampah Perkotaan Menggunakan Kolom Landfill Paralel”. Shalawat dan salam semoga Allah curahkan kepada Nabi Muhammad shallallaahu ‘alaihi wa sallam, keluarganya dan seluruh Shahabatnya, dan orang-orang yang mengikuti jejak mereka 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 inspirasi dalam segala hal.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hudori ST, MT selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga serta dalam perlakuan dalam penelitian.
4. Seluruh dosen Jurusan teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia
5. Mas Agus Adi Prananto, SP, Bapak Tasyono , ST dan Mas Iwan Ardiyanta, ST yang telah membantu dan membimbing penyusun dalam pelaksanaan tugas akhir di Laboratorium.
6. Kawan-kawan mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan dukungannya.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan 2007 atas bantuan dan dukungannya.

8. Semua pihak yang telah membantu penyusun dan berperan dalam tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

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, 29 Desember 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAKSI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Sampah	7
2.2 Klasifikasi Sampah.....	8
2.3 Pengolahan Sampah.....	9
2.4 Landfill (TPA)	10
2.4.1 Dekomposisi Sampah Dalam Landfill	11
2.5 Dampak Lingkungan dari TPA (Landfill)	13
2.6 Fase Degradasi Sampah.....	17
2.6.1 Humus	18
2.7 Pengertian Lindi	19
2.7.1 Timbulan Lindi	21

	2.7.2	Kuantitas dan Kualitas Lindi	24
	2.8	Inokulum (Starter)	28
	2.9	Parameter Penelitian	28
	2.9.1	BOD (Biological Oxygen Demand)	28
	2.9.2	COD (Chemical Oxygen Demand)	31
	2.9.3	pH	33
	2.9.4	TSS	34
	2.10	Hipotesa	34
BAB III		METODE PENELITIAN	
	3.1	Jenis Penelitian	35
	3.2	Lokasi Penelitian	35
	3.3	Waktu Penelitian.....	35
	3.4	Alat dan Bahan Penelitian	35
	3.4.1	Bahan-bahan penelitian	35
	3.4.2	Alat-alat penelitian.....	36
	3.5	Metode Pengumpulan Data	37
	3.5.1	Metode Pengukuran	37
	3.6	Metode Analisa	39
	3.7	Diagram Alir Tahapan Penelitian	40
BAB IV		HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	4.1	Pengujian Karakteristik Sampah.....	41
	4.1.1	Komposisi Sampah	42
	4.2	Pengukuran Kuantitas Lindi	43
	4.2.1	Hasil dan Pembahasan pH	45
	4.2.2	Hasil dan Pembahasan COD	48
	4.2.3	Hasil dan Pembahasan BOD	50
	4.2.4	Hasil Pembahasan TSS.....	53

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	xviii

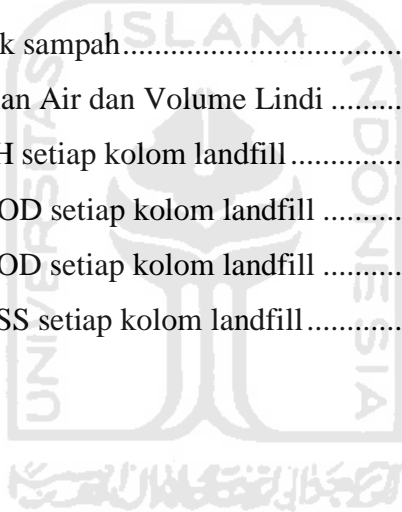


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Lindi	23
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Lindi	24
Tabel 2.3	Gambaran variasi kualitas lindi dari beberapa TPA di Indonesia	25
Tabel 2.4	Hasil Analisa Kualitas Lindi TPA Piyungan.....	27
Tabel 3.1	Variasi Umur Sampah	38
Tabel 3.2	Metode Analisa	39
Tabel 4.1	karakteristik Sampel Sampah	41
Tabel 4.2	Komposisi sampah pada berbagai umur sampah	42
Tabel 4.3	Perbandingan Penambahan Air dengan Volume Lindi Tertampung Pada Berbagai Umur Sampah	43
Tabel 4.4	Hasil Pengujian pH.....	45
Tabel 4.5	Hasil pengujian COD	48
Tabel 4.6	Hasil pengujian konsentrasi BOD	51
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Konsentrasi TSS	53
Tabel 4.8	Hubungan antara umur TPA, Karakteristik Lindi dan Pengolahan	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembuatan Sel-Sel Sampah.....	11
Gambar 2.2	Tahapan Utama Proses Degradasi Sampah di TPA	13
Gambar 2.3	Skema aliran air melalui celah (pori) pada sampah perkotaan	15
Gambar 2.4	Skema Terjadinya Lindi	16
Gambar 2.5	Proses Degradasi Sampah	18
Gambar 2.6	Skema terjadinya lindi.....	22
Gambar 3.1	Kolom Landfill	37
Gambar 3.2	Tahapan-tahapan penelitian	40
Gambar 4.1	Pengujian karakteristik sampah.....	42
Gambar 4.2	Akumulasi Penambahan Air dan Volume Lindi	45
Gambar 4.3	Perbandingan Nilai pH setiap kolom landfill	48
Gambar 4.4	Perbandingan Nilai COD setiap kolom landfill	50
Gambar 4.5	Perbandingan Nilai BOD setiap kolom landfill	53
Gambar 4.6	Perbandingan Nilai TSS setiap kolom landfill.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : HASIL UJI COD	xix
LAMPIRAN 2 : SNI PENGUJIAN COD, BOD, TSS, pH.....	xx
LAMPIRAN 3 : DOKUMENTASI PENELITIAN.....	xxi



ABSTRAKSI

Pada umumnya kota-kota besar di Indonesia pengelolaan sampahnya menggunakan cara pembuangan pada suatu lahan (landfilling) atau pada masyarakat kita menyebutnya TPA. TPA sendiri menghasilkan lindi yang mana lindi tersebut memiliki kandungan bahan yang berbahaya apabila masuk kedalam lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang pengaruh umur sampah terhadap kualitas lindi(BOD, COD, TSS, pH).

Penelitian ini menggunakan kolom landfill secara terpisah sebagai simulasi landfill aslinya untuk mengetahui pengaruh umur sampah terhadap pH, dan konsentrasi BOD, COD, serta TSS pada lindi sampah perkotaan. Selain itu penelitian ini menggunakan empat variasi umur sampah untuk tiap kolom landfill, yaitu <1 tahun, 1-2 tahun, 2-5 tahun, dan >5 tahun. Sampling lindi dilakukan setiap seminggu sekali dengan metode pengukuran menggunakan pH meter, DO meter, AAS(Atomic Absorption Spectroscopy), Titrasi, Gravimetri.

Dari hasil penelitian, didapatkan hasil konsentrasi yang fluktuatif tiap pengujian berdasarkan perbedaan umur sampah. Sedangkan berdasarkan periode waktu sampling, konsentrasinya semakin menurun. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tua umur sampah maka konsentrasi kandungan bahan yang ada pada lindi(BOD, COD, TSS, pH) juga semakin menurun.

Kata kunci:Umur sampah, pH, BOD, COD, dan TSS.

ABSTRACT

Generally, big cities in Indonesia manage their waste by using a land disposal methods (landfilling) or in Indonesia we call it (TPA). TPA produces leachate, which contains hazardous materials for the environment. The purpose of this research is to know about influence of waste age on leachate quality (BOD, COD, TSS, pH,).

This research uses a separate column landfills as landfills original simulation to determine the effect of waste age on value pH, concentrations of BOD, COD, and TSS in urban waste leachate. In addition, this research uses four variation of waste age for each column, there is <1 years, 1-2 years, 2-5 years, and >5 years. Leachate sample is taken once a week, with measurement method using a pH meter, DO meter, AAS (Atomic Absorption Spectroscopy), Titration, Gravimetri.

Result of this research showed fluktuatif concentration for every test based on the differences of waste age. And based on periode of sample taken, showed the concentrations more decreased. So, it concluded the increase of waste age impacted to leachet quality (concentrations of BOD, COD, TSS ,and pH value are decreased.)

Keywords: Age waste, pH, BOD, COD, and TSS.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah pada dasarnya merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktifitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomis. Bahkan sampah dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif karena dalam penanganannya, baik untuk membuang atau mengelolanya memerlukan biaya yang cukup besar. Pada skala suatu kota permasalahan sampah menjadi permasalahan yang vital karena semakin besar tingkat produksi menjadikan tingkat timbulan residu juga semakin meningkat dan sampah jika tidak dikelola akan menyebabkan degradasi lingkungan. Hal ini menjadi permasalahan tersendiri dimana aspek lingkungan dan aspek ekonomi saling berbenturan. Di Kota Jogjakarta menurut data DKKP pada tahun 2005 produksi sampah kawasan perkotaan sebanyak 1.700 m³ perhari dan diperkirakan pada tahun 2014 TPA Piyungan akan di tutup (Sekber Kartamantul, 2008). Tempat pengolahan sampah terpadu adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah

Mekanisme pengelolaan sampah menurut UU NO.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dalam Pakpahan (2010) meliputi, kegiatan-kegiatan berikut:

1. Pengurangan sampah, yaitu kegiatan untuk mengatasi timbulnya sampah sejak dari produsen sampah (rumah tangga, pasar, dan lainnya), mengguna ulang sampah dari sumbernya dan/atau di tempat pengolahan, dan daur ulang sampah di sumbernya dan atau di tempat pengolahan. Pengurangan sampah akan diatur dalam Peraturan Menteri tersendiri, kegiatan yang termasuk dalam pengurangan sampah ini adalah:
 - a. Menetapkan sasaran pengurangan sampah
 - b. Mengembangkan Teknologi bersih dan label produk

- c. Menggunakan bahan produksi yang dapat di daur ulang atau digunaulang
 - d. Fasilitas kegiatan guna atau daur ulang
 - e. Mengembangkan kesadaran program guna ulang atau daur ulang
2. Penanganan sampah, yaitu rangkaian kegiatan penanganan sampah yang mencakup pemilahan (pengelompokan dan pemisahan sampah menurut jenis dan sifatnya), pengumpulan (memindahkan sampah dari sumber sampah ke TPS atau tempat pengolahan sampah terpadu), pengangkutan (kegiatan memindahkan sampah dari sumber, TPS atau tempat pengolahan sampah terpadu, pengolahan hasil akhir (mengubah bentuk, komposisi, karakteristik dan jumlah sampah agar diproses lebih lanjut, dimanfaatkan atau dikembalikan alam dan pemrosesan aktif kegiatan pengolahan sampah atau residu hasil pengolahan sebelumnya agar dapat dikembalikan ke media lingkungan.

Untuk Yogyakarta data menunjukkan, setiap tahun volume sampah menunjukkan grafik yang selalu meningkat. Tahun 1981 volume sampah di Yogyakarta tercatat 700 meter kubik (m³) per hari. Lima tahun kemudian, volume tiap harinya sudah mencapai 1.100 m³, dan tahun 1989 jumlahnya sudah menunjukkan 1.500 m³ per hari. Diprediksikan produksi sampah yang meliputi Kota Yogyakarta, Sleman, dan Bantul pada tahun 2004 akan mencapai 3.484 m³ setiap harinya (Arif.2009). Pemerintah dan pemerintahan daerah bertugas menjamin terselenggaranya pengelolaan sampah yang baik dan berwawasan lingkungan sesuai dengan tujuan sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang tentang pengelolaan sampah, pemerintah kabupaten/kota masih diwajibkan melakukan pemantauan selama 20 tahun (UU No.18 Tahun 2008, Pasal 9, huruf e). Adapun pemantauan yang harus dilakukan meliputi parameter-parameter yang potensial menyebabkan dampak dan resiko terhadap lingkungan, antara lain adalah timbulnya gas metan, dan *lindi*. Hal ini dikarenakan gas metan dan *lindi* merupakan salah satu parameter yang sangat berpotensi menyebabkan dampak dan resiko terhadap kualitas lingkungan, yaitu pencemaran udara dan kebakaran oleh gas metan sedangkan *lindi* menyebabkan pencemaran air tanah,

sehingga kedua parameter tersebut berpotensi menimbulkan resiko terhadap kesehatan manusia.

Penanganan pembuangan sampah biasanya dilakukan dengan dua opsi yaitu pembakaran dan penimbunan, dimana pembuangan pada suatu lahan (*landfilling*) adalah yang paling dominan karena biaya dan manajemen yang relative murah. Hampir 61 % sampah di Amerika Serikat pengelolaan sampah domestik juga dilakukan dengan landfill (Franklin Associates,1996). Masalah pengelolaan sampah menarik untuk dikaji mulai dari penghasil awal sampai TPA bahkan sampai pasca penutupan TPA, selain menimbulkan persoalan lingkungan, juga dapat memicu permasalahan yang mengganggu stabilitas baik dibidang ekonomi, tenaga kerja, keamanan, kesehatan dan keindahan tata ruang kota. Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) limbah cair (*leachate*) yang berasal dari sampah sebenarnya sudah dilakukan proses pengolahan. Hasil penelitian pada tahun 1996 di TPA Putri Cempo Mojosongo, diperoleh hasil bahwa *leachate* tersebut masih mengandung zat pencemar (Besi, BOD, COD, Mangan, Krom, dan TSS) yang melewati ambang batas baku mutu air limbah yang ditetapkan pemerintah (Kep-03/MENKLH/II/1991) dengan kandungan tertinggi adalah BOD dan COD yaitu sebesar 2207.5 ppm dan 7456.74 ppm. (Wahjuni, 1996). Tingginya kadar BOD dan COD ini menunjukkan bahwa kegiatan dekomposisi bahan organik dan anorganik cukup tinggi baik secara kimiawi maupun secara hayati. Selama ini limbah sampah dibuang ke sungai yang banyak digunakan oleh penduduk. Buangan ini akan menimbulkan bau yang tidak enak dan menurunkan oksigen dalam air sungai. (Mastuti, 2001). Pengolahan sampah dengan sistem TPA *Sanitary Landfill* selalu menimbulkan air sampah (*leachate*) yang mengandung BOD dan COD dengan konsentrasi tinggi. Apabila air sampah tersebut langsung dibuang ke perairan, maka dapat mencemari lingkungan perairan dan juga tanah di sekitarnya. Kandungan bahan organik dalam air sampah, termasuk kandungan BOD dan COD dapat dikurangi dengan proses pengolahan limbah baik secara aerob maupun anaerob. Namun untuk konsentrasi bahan organik (BOD dan COD) yang terlalu tinggi, proses aerob kurang efektif. Pengolahan limbah secara anaerobik memiliki beberapa keuntungan yaitu mampu mengolah air limbah

dengan beban bahan organik yang tinggi, produksi lumpur relatif rendah karena sedikit saja senyawa organik yang dikonversikan menjadi biomassa, kebutuhan nutrisi sedikit tidak diperlukan peralatan aerasi dan menghasilkan produk akhir yang berguna yaitu metana (Iskamto, 2003). Dengan berbagai kondisi persampahan yang ada sampai saat ini, sejak dioperasikan sampai pasca penutupan TPA maka berbagai dampak negatif yang kemungkinan akan muncul dan berpotensi menimbulkan resiko, antara lain adalah:

- a) Perubahan tata guna lahan
- b) Pencemaran udara
- c) Pencemaran air tanah
- d) Pencemaran air permukaan
- e) Penurunan jumlah flora darat (terrestrial)
- f) Penurunan jumlah flora air (aquatik)
- g) Penurunan jumlah fauna darat
- h) Penurunan jumlah fauna air
- i) Penurunan tingkat kesehatan masyarakat
- j) Berkurangnya estetika lingkungan

Dari beberapa dampak negatif yang kemungkinan terjadi, maka diperlukan suatu kajian tentang pergerakan atau perpindahan lindi (lindi) ke lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini :

- a) Timbulan *lindi* akan terjadi sejak ditempatkan pada TPA dan akan terus muncul sampai waktu yang lama. Dalam Undang-undang ditentukan pengelolaan TPA khususnya pemantauan lindi harus dilakukan sampai 20 tahun setelah TPA ditutup.
- b) Beberapa permasalahan diatas merupakan salah satu permasalahan yang ada pada timbulan sampah yang berasal dari sampah perkotaan. Maka dari itu diupayakan pemantauan untuk mendapatkan kesimpulan bagaimana penyelesaiannya dengan cara menganalisa simulasi TPA dalam skala

laboratorium terhadap komposisi karakter lindi berupa *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan *pH* agar diketahui lebih awal timbulan lindi memiliki kuantitas dan kualitas yang berbeda dengan berbagai metode operasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a) Mengetahui pengaruh penambahan air terhadap produksi lindi pada sampah perkotaan berdasarkan umur sampah.
- b) Untuk mengetahui konsentrasi BOD, COD, TSS, dan pH, terhadap timbulan lindi pada sampah perkotaan berdasarkan umur sampah.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan penelitian dan karena adanya keterbatasan yang ada, maka perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

- a) Sampel sampah yang digunakan dalam percobaan ini adalah sampah piyungan.
- b) Sampah yang digunakan berdasarkan karakteristik umur sampah tertentu, yaitu sampah (<1 tahun, 1-2 tahun, 2-5 tahun dan >5)
- c) Sampel sampah yang digunakan diambil dari Zona penimbunan sampah perkotaan di TPA Piyungan berdasarkan karakteristik umur sampah tertentu, yaitu :
 - Zona I, umur sampah >5
 - Zona II, sampah umur 2-5 tahun
 - Zona III, sampah <1 tahun dan 1-2 tahun
- d) Waktu pemantauan selama 4 (empat) minggu dengan perlakuan pemberian air setiap minggunya ± 2.5 lt kedalam 4 reactor, dengan masing-masing Kolom Landfill berisi sampah umur ≤ 1 tahun, 1-2 tahun, 2-5 tahun, dan >5 tahun.
- e) Pengujian yang dilakukukan dengan menganalisa kualitas air lindi secara fisika dan kimia. Parameter yang diuji antara lain:

1. BOD (Biological Oxygen Demand)
2. COD (Chemical Oxygen Demand)
3. TSS (Total Suspended Solid) dan
4. pH

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

Instansi:

- a) Sebagai bahan acuan dalam strategi pengelolaan lingkungan oleh para pemangku kepentingan dalam mengantisipasi resiko yang timbul setelah TPA di tutup
- b) Memberikan informasi kandungan BOD,COD,TSS,dan pH yang kemungkinan akan dihasilkan dari proses pengolahan sampah di TPA.

Peneliti dan Perguruan Tinggi

- a) Sebagai masukan ke Perguruan Tinggi tentang pencemaran oleh lindi hasil pengolahan sampah di TPA.
- b) Menambah pengetahuan bagi peneliti.
- c) Dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

Masyarakat

- a) Diharapkan masyarakat dapat lebih peka terhadap permasalahan lingkungan yang berhubungan dengan kesehatan, dengan cara memilah sampah rumah tangga sejak dari rumah. Dan bagi masyarakat sekitar TPA agar lebih memperhatikan lingkungannya seperti mencari sumber air bersih dari tempat lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Sampah

Sampah memiliki pengertian yang beragam, yang mana bagi masyarakat sampah merupakan zat atau benda sisa dari hasil rumah tangga atau industri. 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. Sampah umumnya dalam bentuk sisa makanan (sampah dapur), daun-daunan, ranting, pohon, kertas/karton, plastik, kain bekas, kaleng-kaleng dan debu sisa penyapuan. (Enri Damanhuri.2004)

Sampah padat adalah semua barang sisa yang ditimbulkan dari aktivitas manusia dan binatang yang secara normal padat dan dibuang ketika tak dikehendaki atau sia-sia (Tchobanoglous, et, al, 1993).

Sedangkan menurut (Hadiwiyoto 1983), sampah adalah sisa-sisa bahan yang telah mengalami perlakuan baik telah diambil bagian utamanya, telah mengalami pengolahan, dan sudah tidak bermanfaat, dari segi ekonomi sudah tidak ada harganya serta dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan kelestarian alam.

Masih menurut Hadiwiyoto (1983), Kategori sumber penghasil sampah yang sering digunakan adalah : 1) sampah domestik, yaitu sampah yang berasal dari pemukiman; 2) sampah komersial, yaitu sampah yang berasal dari lingkungan perdagangan atau jasa komersial berupa toko, pasar, rumah makan, dan kantor; 3)

sampah industri, yaitu sampah yang berasal dari suatu proses produksi; dan 4) sampah yang berasal selain dari yang telah disebutkan diatas misalnya sampah dari pepohonan, sapuan jalan, dan bencana alam (Hadiwiyoto, 1983).

Murtadho dan Gumbira,1988 (dalam Putranto,2011) membedakan sampah atas sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik meliputi limbah padat semi basah berupa bahanbahan organik yang umumnya berasal dari limbah hasil pertanian. Sampah ini memiliki sifat mudah terurai oleh mikroorganisme dan mudah membusuk karena memiliki rantai karbon relatif pendek. Sedangkan sampah anorganik berupa sampah padat yang cukup kering dan sulit terurai oleh mikroorganisme karena memiliki rantai karbon yang panjang dan kompleks seperti kaca, besi, plastik, dan lain-lain.

2.2. Klasifikasi sampah

Pembuangan sampah ke tanah adalah cara utama pembuangan sampah sejak evolusi manusia. Meskipun ini telah kehilangan beberapa porsinya pada rangkaian teknologi manajemen sampah padat terhadap teknologi daur ulang, insinerasi dan pengomposan, pertimbangan ekonomi terus membuat TPA cara pembuangan sampah yang paling menarik. Sampah diklasifikasikan menjadi tiga macam menurut UU No 18 Tahun 2008, yaitu :

- a) Sampah rumah tangga yaitu sampah berasal dari kegiatan sehari-hari rumah tangga,tidak termasuk tinja dan sampah sfesifik.
- b) Sampah sejenis sampah rumah tangga yaitu sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya.
- c) Sampah spesifik yaitu sampah yang meliputi :
 1. Sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun
 2. Sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun
 3. Sampah yang timbul akibat beancana

4. Puing bongkaran bangunan
5. Sampah yang secara teknologi belum dapat diolah
6. Sampah yang timbul secara tidak periodic

2.3. Pengolahan sampah

Pengolahan sampah adalah suatu upaya untuk mengurangi volume sampah atau merubah bentuk menjadi lebih bermanfaat, antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, penghancuran, pengeringan dan pendaur ulangan.(SNI T-13-1990-F).

Adapun teknik pengolahan sampah adalah sebagai berikut :

a) Pengomposan (*Composting*).

Adalah suatu cara pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan aktifitas bakteri untuk mengubah sampah menjadi kompos (proses pematangan).

b) Pembakaran sampah.

Pembakaran sampah dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu, dan asap akan terbawa ketempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran,yaitu dengan menggunakan insinerator, namun pembakaran menggunakan insinerator memerlukan biaya yang mahal.

c) Recycling.

Merupakan salah satu teknik pengolahan sampah, dimana dilakukan pemisahan atas benda-benda bernilai ekonomi seperti: kertas, plastik, karet, dan lain-lain dari sampah yang kemudian diolah sedemikian rupa sehingga dapat digunakan kembali baik dalam bentuk yang sama atau berbeda dari bentuk semula.

d) Reuse.

Merupakan teknik pengolahan sampah yang hampir sama dengan recycling, bedanya reuse langsung digunakan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.

e) Reduce.

Adalah usaha untuk mengurangi potensi timbulan sampah, misalnya Tidak menggunakan bungkus kantong plastik yang berlebih

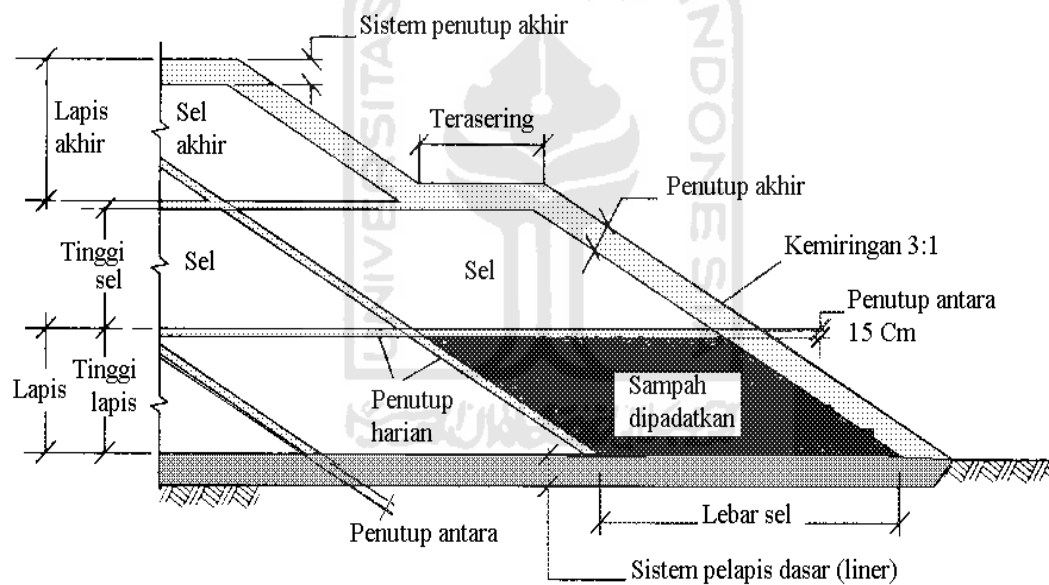
2.4. Landfill (TPA)

Tujuan dari pembuangan akhir sampah adalah untuk memusnahkan sampah yang tergolong kedalam sampah domestik atau yang diklasifikasikan sejenis, kesuatu pembuangan akhir dengan cara sedemikian rupa, sehingga tidak atau seminimal mungkin menimbulkan gangguan terhadap lingkungan di sekitarnya, baik setelah dilakukan pengolahan maupun tanpa diolah terlebih dahulu.

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)

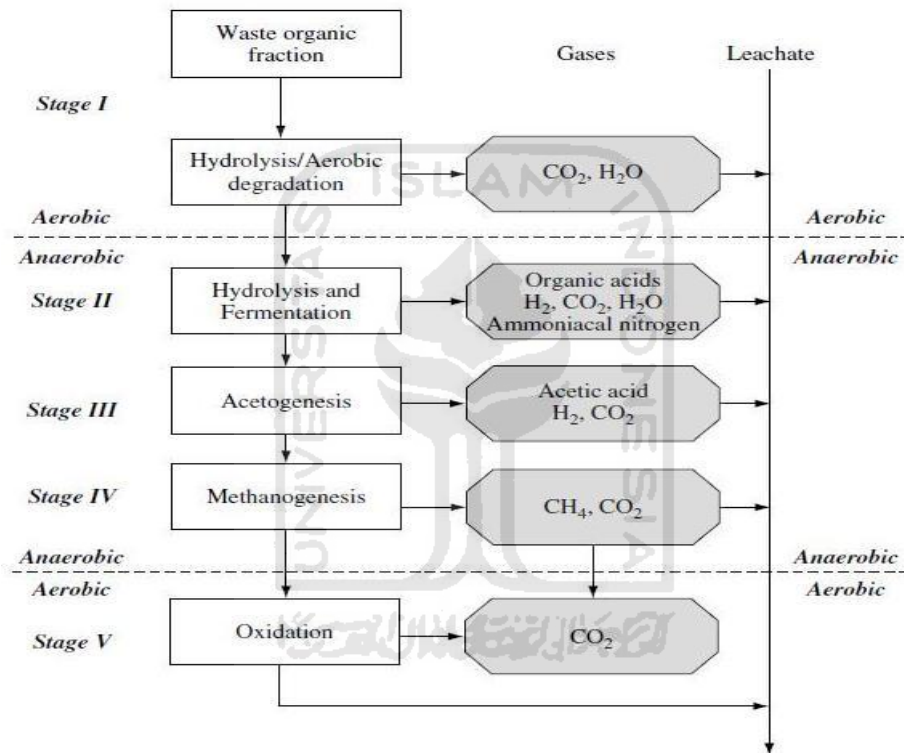
2.4.1 Dekomposisi Sampah dalam Landfill

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

- a. Pada tahap awal, degradasi material organik dilakukan oleh bakteri aerob sehingga menghasilkan CO_2 , air (H_2O) dan panas. CO_2 yang dilepas sebagai gas atau diserap di H_2O membentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang akan memberi sifat asam pada air lindi.
- b. Pada tahap kedua yaitu pada tahap acetogenesis sekelompok bakteri fakultatif seperti *lipolytic bacteria*, *cellulolytic bacteria*, dan *proteolytic bacteria* selanjutnya tumbuh yang hidup pada kondisi aerob dan anaerob (Fairus, Sirin. dkk 2011). Karbohidrat, protein, dan lipid terhidrolisa dan terfermentasi menjadi gula dan membentuk CO_2 , hidrogen (H_2), ammonia (NH_3), dan asam-asam organik.
- 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
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
- Methanogenesis
 $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO$
 $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

Berikut ini gambar tahapan proses degradasi sampah organik, yaitu :



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

2.5. Dampak lingkungan dari TPA (*Landfill*)

Berkaitan dengan pembuangan sampah pada TPA, maka terdapat dua permasalahan lingkungan yaitu timbulan lindi dan gas landfill (CO₂, CH₄, H₂S). 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 (Kasam, 2009). Lindi yang berasal dari TPA berbeda memiliki kualitas yang berbeda juga, karena masing-masing TPA memiliki karakter yang berbeda-beda.

Didasarkan atas komponen limbah padat yang ditimbun, maka kemungkinan terlepasnya komponen-komponen pencemar dari sebuah landfill adalah sebagai berikut:

a) Komponen sisa makanan (organik), kayu dan kertas:

- Dapat terbilas dalam lindi: CO_2 , asam organik, fenol, N-NH_4 , N-NO_2 , N-NO_3 , SO_4 , fosfat, karbonat dsb.
- Sebagai protoplasma mikrobial: C, NH_4 , P dan K
- Muncul ke atmosfer sebagai: CO_2 , CH_4 , volatil berantai pendek dari asam lemak, NH_3 , H_2S , merkaptan, dsb

b) Komponen plastik dan karet:

- Plastik tidak terdegradasi
- Karet sintesis praktis tidak terdegrasi
- Karet alamiah terdegradasi secara lambat

c) Kain dan tekstil:

- Materi-materi sintesis : sulit terdegrasi
- Sebagai biomassa: NH_4 , S, C, P dan K
- Terlarut dalam lindi: CO_2 , asam-asam organik, fosfat, N-NH_4 , N-NO_2 , N-NO_3
- Muncul sebagai gas: CO_2 , CH_4 , asam-asam volatil, NH_3 , H_2S , merkaptan dan sebagainya.

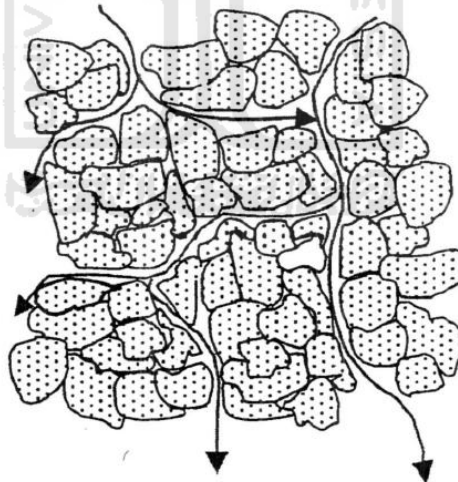
d) Komponen logam:

- Berbentuk oksida logam, termasuk logam berat, seperti: Al_2O_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CrO_2 , Cr_2O_3 , HgO , dsb

- Dapat terlarut dalam lindi : senyawa sulfat dari Ca, Mg, senyawa bikarbonat dari Fe, Ca, Mg serta senyawa oksida dari Sn, Zn, Cu dan seterusnya. (Damanhuri, 2008)

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.

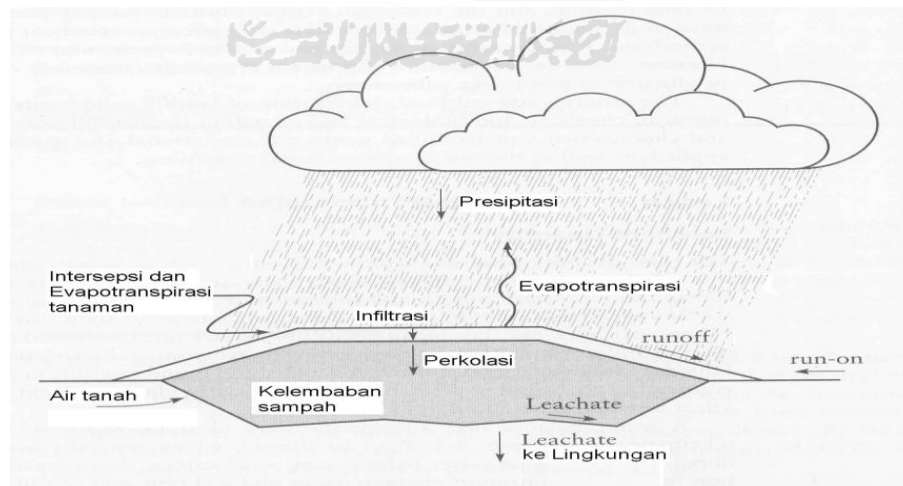


Gambar 2.3. Skema aliran air melalui celah (pori) pada sampah perkotaan (Olaosun,2001)

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.

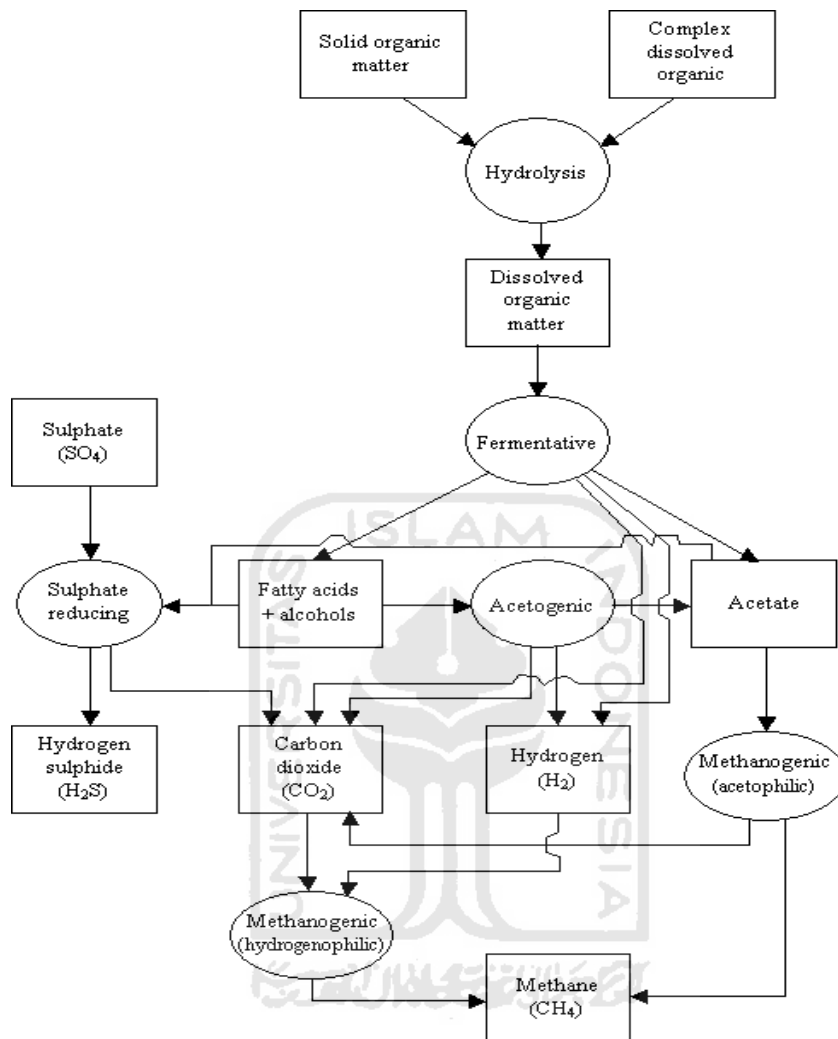


Gambar 2.4 Skema terjadinya lindi (Damanhuri, 2004)

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 kina dan jumlah air yang tersisa yang merembas 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).

2.6. Fase Degradasi Sampah

Proses degradasi sampah organik dengan bantuan bakteri memiliki fase degradasi yang berbeda-beda. Menurut Ehrig, Förstner dan Calmano dalam (Levlin, 1993) menyatakan terdapat tiga fase dalam proses degradasi. Fase pertama adalah fase aerobik diikuti proses asam anaerob yang selanjutnya menghasilkan gas metan. Selama proses aerobik berlangsung bahan organik diuraikan oleh bakteri dan menghasilkan produksi CO₂. Pada kondisi aerobik suhu dapat diukur berkisar antara 80⁰ sampai 90⁰. Selama proses anaerobik menghasilkan asam lemak dan CO₂. Proses degradasi untuk sampah dapat dilakukan dua cara yaitu aerobik dan anaerobik serta dapat dibedakan menjadi dua fase yaitu fase pertama menyebabkan nilai pH turun dan fase kedua menyebabkan pH naik. Karena produksi asam organik meningkat menyebabkan nilai pH turun pada fase pertama. Pada tahap kedua nilai pH meningkat disebabkan pemisahan asam organik. Berikut ini proses degradasi sampah organik yang dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Proses degradasi sampah

(Levlin,1993)

2.6.1 Humus

Humus merupakan salah satu bentuk bahan organik. Jaringan asli berupa tubuh tumbuhan atau fauna baru yang belum lapuk terus menerus mengalami serangan-serangan jasad mikro yang menggunakannya sebagai sumber energinya dan bahan bangunan tubuhnya. Hasil pelapukan bahan asli yang dilakukan oleh jasad

mikro disebut humus. Humus biasanya berwarna gelap dan dijumpai terutama pada lapisan tanah atas. Definisi humus yaitu fraksi bahan organik tanah yang kurang lebih stabil, sisa dari sebagian besar residu tanaman serta binatang yang telah terdekomposisikan.

Humus merupakan bentuk bahan organik yang lebih stabil, dalam bentuk inilah bahan organik banyak terakumulasi dalam tanah. Humus memiliki kontribusi terbesar terhadap durabilitas dan kesuburan tanah. Humuslah yang aktif dan bersifat menyerupai liat, yaitu bermuatan negatif. Tetapi tidak seperti liat yang kebanyakan kristalin, humus selalu amorf (tidak beraturan bentuknya).

Humus merupakan senyawa rumit yang agak tahan lapuk (resisten), berwarna coklat, amorf, bersifat koloidal dan berasal dari jaringan tumbuhan atau hewan yang telah diubah atau dibentuk oleh berbagai jasad mikro. Humus tidaklah resisten sama sekali terhadap kerja bakteri. Mereka tidak stabil terutama apabila terjadi perubahan regim suhu, kelembapan dan aerasi. Adanya humus pada tanah sangat membantu mengurangi pengaruh buruk liat terhadap struktur tanah, dalam hal ini humus merangsang granulasi agregat tanah. Kemampuan humus menahan air dan ion hara melebihi kemampuan liat. Tinggi daya menahan (menyimpan) unsur hara adalah akibat tingginya kapasitas tukar kation dari humus, karena humus mempunyai beberapa gugus yang aktif terutama gugus karboksil. Dengan sifat demikian keberadaan humus dalam tanah akan membantu meningkatkan produktivitas tanah. (Anonim, 2011)

2.7. Pengertian Lindi

Menurut Djoko H Martono dalam (Priyono dan Utomo, 2008), *Leachate* (lindi) atau air luruhan sampah merupakan tirisan cairan sampah hasil ekstraksi bahan terlarut maupun tersuspensi. Pada umumnya *leachate* terdiri atas senyawa-senyawa kimia hasil dekomposisi sampah dan air yang masuk dalam timbunan sampah. Air tersebut dapat berasal dari air hujan, saluran drainase, air tanah atau dari sumber lain di sekitar lokasi TPA. Pada saat terjadi hujan di lokasi Tempat Pembuangan Akhir,

maka air hujan akan masuk dan meresap kedalam tumpukan sampah yang kemudian membawa zat-zat berbahaya dengan kepekatan zat pencemar yang tinggi melimpah atau keluar dari timbunan sampah pada Tempat Pembuangan Akhir berupa limbah cair yang dinamakan *leachate* (lindi). Pada TPA yang masih beroperasi, BOD lindi dapat mencapai antara 2000 – 30.000 mg/l, COD antara 3000 – 60.000 mg/l, TOC antara 1500 – 20.000 mg/l dan pH antara 4,5 – 7,5. Menurut Martin dalam (Priyono dan Utomo,2008) menyatakan namun pada TPA yang sudah beroperasi lebih dari 15 tahun, pada umumnya akan terjadi penurunan kandungan BOD, COD maupun TOC, bahkan pH dari *leachate* cenderung mendekati netral dan mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun.

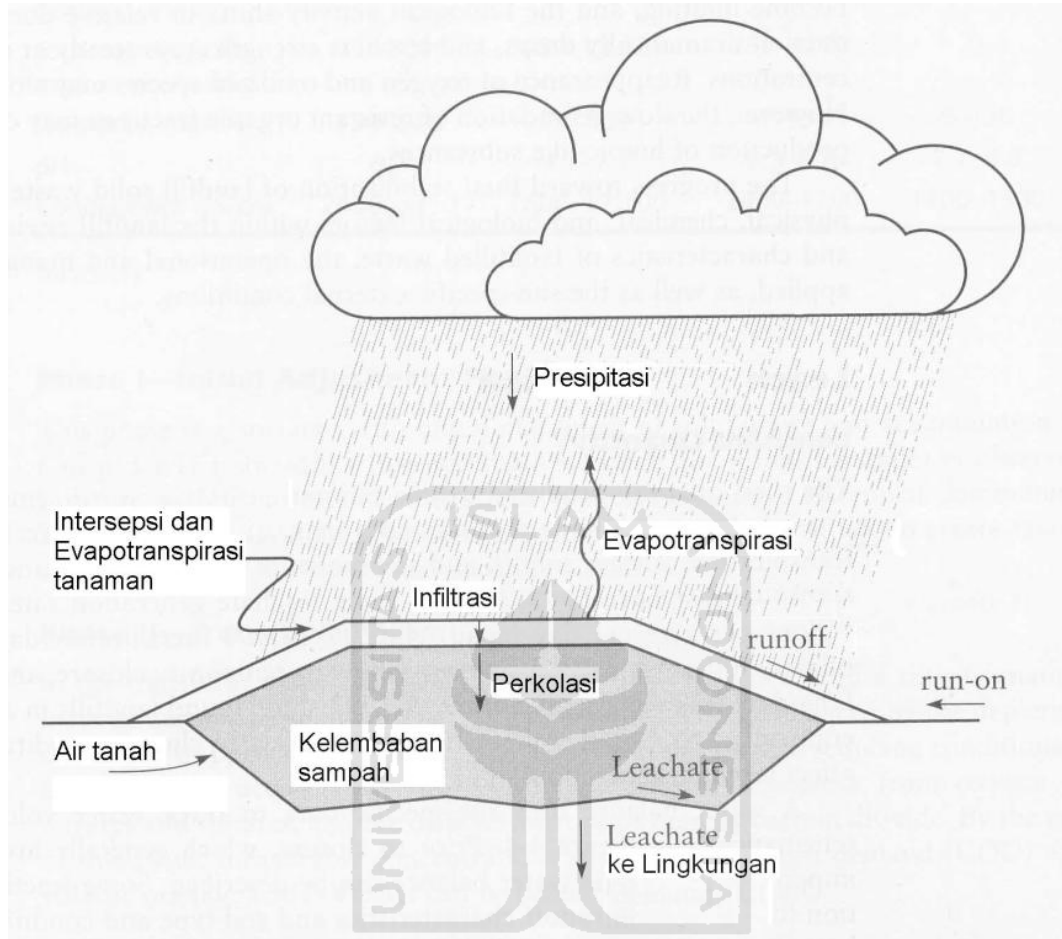
Lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari hasil dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah. Lindi disebabkan oleh terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan 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. Apabila tidak segera diatasi, TPA yang dipenuhi lindi dapat mencemari lingkungan, terutama air tanah dan air permukaan. Hampir di semua TPA, lindi terdiri dari cairan yang terdapat di TPA dari sumber eksternal, seperti permukaan drainase, air hujan, air tanah, dan air dari bawah tanah dan cairan yang diproduksi dari dekomposisi sampah (Tchobanoglous et al., 1993).

Pengertian lindi dijelaskan oleh Tchobanoglous yang menyatakan bahwa lindi merupakan cairan yang melarutkan hasil penguraian bahan organik dalam tumpukan sampah yang belum sempurna terurai. Pengertian lindi yang lain diberikan oleh Soemirat dalam (Suratna,2008) menyatakan bahwa lindi merupakan cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi sebagai hasil fermentasi mikroba umumnya terdiri dari Kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), Kalium (K), besi (Fe), klorida (Cl), sulfat (SO₄), Fosfat (PO₄), seng (Zn), Nikel (Ni), karbondioksida (CO₂),

air (H_2O), gas nitrogen (N_2), amoniak (NH_3), asam sulfide (H_2S), asam organik (asam humat fulfat, tanah, galat) dan gas hydrogen (H_2). Menurut Wardhana dalam (Suratna,2008) menyatakan kandungan BOD dan COD yang tinggi dalam lindi menandakan tingginya bahan organik yang terkandung.

2.7.1. Timbulan Lindi

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 (Lihat Gambar 2.4). 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. Kemampuan tanah dan sampah untuk menahan uap air dan kemudian menguapkannya bila memungkinkan, menyebabkan perhitungan timbulan lindi agak rumit untuk diprakirakan.



Gambar 2.6 Skema terjadinya lindi (Damanhuri,2008)

Sampah perkotaan yang ditampung pada Lokasi Pembuangan Akhir (LPA) akan mengalami proses dekomposisi. Proses dekomposisi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan fisik, kimia dan biologis secara simultan. Salah satu hasil dari dekomposisi sampah tersebut adalah *leachate*.

Data yang mewakili karakteristik kimia dari *leachate* ditunjukkan pada Tabel 2.1. Rentang nilai konsentrasi untuk beberapa unsur mempunyai perbedaan yang besar. Nilai tipikal yang ditunjukkan pada tabel tersebut dimaksudkan hanya sebagai pedoman. (Sudjipto,2008)

Tabel 2.1 Karakteristik Lindi

Konstituen	Nilai	
	Range	Tipikal
BOD	2.000 - 3.000	10.000
TOC	1.500 - 20.000	6.000
COD	3.000 - 45.000	18.000
Total SS	200 - 45.000	500
Organik Nitrogen	10 - 600	200
Ammonia Nitrogen	10 - 800	200
Nitrat	5 - 40	25
Total PHosfor	1 - 70	30
Ortho PHosfor	1 - 50	20
Alkalinity sbg CaCO ₃	1.000 - 10.000	3.000
pH	5,3 - 8,5	6
Total Hardness sbg CaCO ₃	1.000 - 10.000	3.000
Calsium	200 - 3.000	1.000
Magnesium	50 - 1.500	250
Potassium	200 - 2.000	300
Sodium	200 - 2.000	500
Chlorida	200 - 3.000	500
Sulfat	100 - 1.500	500
Total Iron	50 - 600	60

Sumber : Tchbanoglous et al, 1993

Karakteristik lindi yaitu sangat variable, terkandung pada komposisi limbah padat, tingkat curah hujan, siklus hidrologi dan hidrogeologi, pemadatan, design lokasi, usia limbah, prosedur sampling, interaksi lindi dengan lingkungan, bentuk dan pengoperasian landfill. Lindi tersusun dari komposisi bahan anorganik yang tinggi dan memiliki total suspended solid yang tinggi. Dalam kondisi normal, lindi

ditemukan dibagian bawah landfill dan bergerak dibagian dasar strata yang tergantung pada karakteristik bahan sekitarnya

2.7.2. Kuantitas dan Kualitas Lindi

Kualitas lindi akan tergantung dari beberapa hal, seperti variasi dan proporsi komponen sampah yang ditimbun, curah hujan dan musim, umur timbunan, pola operasional, waktu dilakukannya sampling. Tipikal komposisi kimia lindi tercantum dalam Tabel 2.6. Terlihat bahwa lindi tersebut mempunyai karakter yang khas, yaitu:

- a) lindi dari landfill yang muda bersifat asam, berkandungan organik yang tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang juga tinggi serta rasio BOD/COD relatif tinggi
- b) lindi dari landfill yang sudah tua sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun serta rasio BOD/COD relatif menurun Lindi landfill sampah kota yang berumur di atas 10 tahunpun ternyata mempunyai BOD dan COD yang tetap relatif tinggi.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Lindi

Parameter	Landfill umur < 2 tahun		Landfill umur > 10 tahun
	Rentang	Tipikal	
BOD	2.000 – 30.000	10.000	100 – 200
COD	3.000 – 60.000	18.000	100 – 500
pH	4,5 – 7,5	6	6,6 – 7,5
SS	200 – 2.000	500	100 – 500
N-NH3	10 – 800	200	20 – 40
N-NO3	5 - 40	25	5 – 10
P – total	5 – 100	30	5 – 10
Alkalinitas	1.000 – 10.000	3.000	200 – 1.000
Sulfat	50 – 1.000	300	20 – 50
Kalsium	200 – 3.000	1.000	100 – 400

Magnesium	50 – 1.500	250	50 – 200
Khlorida	300 – 3.000	500	100 – 400
Natrium	200 – 2.500	500	100 – 200
Besi Total	50 - 1200	60	20 – 200

Sumber : Tchobanoglous, dkk (1993)

Pemantauan lindi di beberapa TPA telah dilakukan di Indonesia sejak tahun 1988. Beberapa rekapitulasi hasil dari pemantauan tersebut tersaji dalam tabel-tabel di bawah ini. Tabel 2.6 merupakan kualitas lindi dari beberapa TPA di Indonesia. Berdasarkan hasil analisa lindi tersebut dapat disimpulkan bahwa kekhasan lindi sampah Indonesia adalah berkarakter tidak asam dan mempunyai nilai COD yang tinggi.

Walapun pengambilan sampling pada TPA tersebut tidak dilakukan pada saat yang bersamaan, namun hasil yang didapat dapat menggambarkan permasalahan yang ada. Dapat dikatakan bahwa kandungan karbon organik (dinyatakan dalam COD) yang terkandung melebihi baku mutu efluen limbah cair yang berlaku, yang menyiratkan bahwa penanganan lindi merupakan suatu keharusan bila akan dilepas ke lingkungan. Terlihat pula bahwa terdapat variasi yang cukup besar antara sebuah TPA dengan TPA yang lain, bahkan dalam sebuah TPA itu sendiri terdapat variasi yang cukup besar.

Tabel 2.3 Gambaran variasi kualitas lindi dari beberapa TPA di Indonesia

Kota	pH	COD	N-NH ₄	N-NO ₂	DHL
Bogor	7,5	28723	770	0	40480
	8	4303	6449	0,075	24085
Cirebon	7	3648	395	0,225	10293
	7	13575	203	0,375	12480
Jakarta	7,5	6839	799	0	13680
	7	413	240	0,075	3823

	8	1109	621	0,35	1073
Bandung	6	58661	1356	6,1	26918
(Leuwigajah)	7	7379	738	2,775	20070
Solo	6	6166	162	0,225	3540
Magelang	8,03	24770	-	-	6030

(Damanhuri,2008)

Baru-baru ini menjadi perhatian yang sangat dominan yaitu meminimalisasi pembentukkan lindi ini disebabkan lindi dapat mencemari lingkungan. Meskipun lindi meningkat sehingga dapat menimbulkan potensi pencemaran akan tetapi dapat dilakukan pengendalian. Perhitungan neraca air membandingkan jumlah air yang masuk dan air yang keluar di TPA dalam jangka waktu tertentu. Banyak input dan outpun pada neraca air dapat diseimbangkan akan tetapi apabila mengalami kebanyakan cairan maka dapat diabaikan. Volume lindi dapat dikurangi dengan dua cara yaitu:

- a) Penyerapan limbah terutama dalam tahap operasional.
- b) Run off dan drainase lateral yang dipasang pada daerah tersebut dengan cover penutup atas yang permeabilitasnya rendah. (Hjemar, dkk.,2000)

Secara garis besar kualitas lindi TPA tergantung dari faktor eksternal dan faktor internal TPA. Faktor eksternal yang mempengaruhi kualitas lindi TPA yaitu keadaan sosial, ekonomi, budaya masyarakat sekitar, musim, curah hujan, suhu, kelembapan, umur sampah, penguapan, jumlah dan jenis sampah. Faktor internal yang mempengaruhi kualitas lindi TPA yaitu lapisan dasar TPA, luas TPA, Luas cakupan pelayanan, karakteristik tanah TPA, geologi tanah TPA, jenis sampah, volume sampah, tinggi timbunan sampah, kecepatan angin, jumlah pemulung, jumlah ternak yang ada di TPA, sistem pengolahan sampah, tanah penutup sampah, jumlah pipa pelepas gas, drainase lindi, tanaman di areal TPA, umur TPA, Titik pengambilan

lindi, limpasan permukaan air tanah, kandungan air sampah, infiltrasi dan sistem pengolahan lindi. (Suratna,2008). Berikut ini hasil analisis kualitas air lindi di TPA Piyungan:

Tabel 2.4 Hasil Analisa Kualitas Lindi TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Hasil analisa
Warna	-	Coklat tua
Bau	-	Bau tidak sedap
TDS	Mg/l	6,830
pH	-	8,13
Daya Hantar Listrik	μ S/cm	12,350
Salinity	0/00	71,01
Kesadahan Total (CaCo ₃)	Mg/l	556,5
Kesadahan Ca	Mg/l	142,8
Kesadahan Mg	Mg/l	48,4785
BOD ₅	Mg/l	56,5
Besi Terlarut	Mg/l	0,430
Mangan	Mg/l	0,072

Sumber : Lab Teknik Penyehatan dan Lingkungan Jur Teknik Sipil, Fak teknik UGM, 2007.

Dari tabel yang tersebut diatas dapat dilihat bahwa dari hasil pengamatan awal dilapangan menunjukkan bahwa air lindi memiliki potensi sebagai bahan binder untuk granulasi pupuk maupun penambah unsure hara ke dalam pupuk granuler. Kandungan logam berat masih berada di bawah ambang batas yang dipersyaratkan, sehingga masih dapat dimanfaatkan untuk pertanian. Tingginya nilai BOD menunjukkan bahwa masih banyak kandungan bahan organik yang belum terurai. (Wiyana,2008)

Menurut Pohland dan Harper dalam (Prambodo,2005) menyatakan kuantitas dan kualitas air lindi juga dapat dipengaruhi oleh iklim. Infiltrasi air hujan dapat membawa kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan bagi proses penguraian biologis dalam pembentukan air lindi. Meskipun sumber dari kelembabannya mungkin dibawa oleh sampah masukannya, tetapi

sumber utama dari pembentukan air lindi ini adalah adanya infiltrasi air hujan. Jumlah hujan yang tinggi dan sifat timbunan yang tidak *solid* akan mempercepat pembentukan dan meningkatkan kuantitas air lindi yang dihasilkan. Umur tumpukan sampah juga bisa mempengaruhi kualitas air lindi dan gas yang terbentuk. Perubahan kualitas air lindi dan gas menjadi parameter utama dalam mengetahui tingkat stabilisasi tumpukan sampah.

2.8. Inokulum (Starter)

Inokulum berasal dari bahasa inggris yang berarti pemicu proses. Penambahan inokulum dimaksudkan untuk memperpendek waktu *start up*, sehingga suatu proses dapat berlangsung lebih cepat. Secara alami, mikroba pembentuk biogas sudah ada di dalam kotoran yang keluar dari tubuh ternak, walaupun demikian, jumlahnya sangat sedikit karena sebagian besar telah mati selama perjalanan mulai dari rumen-retikulum-omasum-abomasum.

Menurut Hansen dkk dalam (Kumalasari,2010) menyatakan penambahan air lindi pada penelitian ini diperkirakan dapat berfungsi sebagai inokulum karena air lindi mengandung mikroba dan unsur-unsur mineral (sebagai zat adiktif) yang dibutuhkan mikroba. Tambahkan unsur-unsur tersebut dimaksudkan untuk menyediakan tambahan bagi mikroba untuk berkembang biak dan memicu diproduksinya zat-zat tertentu oleh mikroba. Inokulum sebaiknya digunakan dalam waktu tidak lebih dari 48 jam dan disimpan diatas titik bekunya.

2.9. Parameter Penelitian

Parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini ada 4 yaitu BOD, COD, TSS, dan pH.

2.9.1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Menurut Djajadiningrat (didalam Muziarni,2007) BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik yang

terkandung didalam air pada kondisi aerobik. Semakin banyak zat organik, semakin besar kebutuhan dan nilai BOD semakin besar. Bila zat organik sedikit maka kebutuhan oksigen kecil dan nilai BOD juga kecil. Nilai BOD dapat dijadikan indikator pencemar bahan organik dalam air.

Reaksi BOD telah diperkirakan untuk memiliki nilai konstanta K' sama dengan 0,23 per hari pada 20°C . Nilai ini ditempatkan melalui pembelajaran kias atau pencemaran air sungai dan limbah domestik di AS dan Inggris. Berbagai aplikasi pada pemancar tes BOD untuk analisa air limbah industri dan penggunaan air pengencer sintetik menjadi ditempatkan dan dicatat bahwa nilai K' diperoleh lebih dari 0,23 perhari. Untuk limbah domestic ditemukan bahwa nilai K' untuk variasi air limbah diperoleh dari hari ke hari dan rata-ratanya 0,40 1/hari. (Sidharta.1997)

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (readily decomposable organicmatter). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. (Anonim2, 2010)

Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (biodegradable organics) yang ada diperairan.

Pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana,yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap (20°C) yang sering disebut dengan DO_5 . Selisih DO_i dan DO_5 ($\text{DO}_i - \text{DO}_5$) merupakan nilai.

BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan probe khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai DO₅. Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga DO₅ tidak nol. Bila DO₅ nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan.

Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi, atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Secara rinci metode pengukuran BOD diuraikan dalam APHA (1989), Umay dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991) atau referensi mengenai analisis air lainnya. (Anonim2, 2010)

Karena melibatkan mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang cukup memerlukan waktu. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 – 99 %, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70 % bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991). Lima hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal BOD₇, BOD₁₀) agar tidak salah dalam interpretasi atau membandingkan. Temperatur 20°C dalam inkubasi juga merupakan temperatur standard. Temperatur 20°C adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang (Metcalf & Eddy, 1991) dimana teori BOD ini berasal. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi

ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara 25 – 30 oC, dengan temperatur inkubasi yang relatif lebih rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal sebagaimana yang diharapkan. Ini adalah salah satu kelemahan lain BOD selain waktu penentuan yang lama tersebut. (Anonim2, 2010)

2.9.2. COD (Chemical Oxygen Demand)

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, UmaydanCivin, 1988).

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada. (Anonim2, 2010)

Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi (De Santo, 1978), sehingga dalam kasus-kasus

tertentu nilai COD mungkin sedikit 'over estimate' untuk menggambarkan kandungan bahan organik.

Bilamana nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam. Walaupun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah urai (biodegradable), dan ini akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima hari) mendatang. Lalu dengan memperbandingkan nilai BOD terhadap COD juga akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan. Pengukuran BOD dan COD, BOD (Biochemical Oxygen Demand) atau KOB (kebutuhan oksigen biokimiawi) adalah suatu pernyataan untuk menyatakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk degradasi biologis dari senyawa organik dalam suatu sampel. Pengukuran BOD dengan sendirinya digunakan sebagai dasar untuk mendeteksi kemampuan senyawa organik dapat didegradasi (diurai) secara biologis dalam air. Perbedaan antara BOD dan COD (Chemical Oxygen Demand) adalah bahwa COD menunjukkan senyawa organik yang tidak dapat didegradasi secara biologis.

Secara analitis BOD (biochemical oxygen demand) adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimiawi dalam 1 liter air selama pengeraman 5 x 24 jam pada suhu 20°C. Sedangkan COD (chemical oxygen demand) atau KOK (kebutuhan oksigen kimiawi) adalah jumlah (mg) oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasikan zat organik dalam 1 liter air dengan menggunakan oksidator kalium dikromat selama 2 jam pada suhu 150 °C.(Anonim2, 2010)

Menurut Metcalf and Eddy (didalam Sophan, 2006) COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara

kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan oksidator kuat dalam media asam. Kadar COD dalam lindi pada umumnya lebih banyak terdapat senyawa yang dapat dioksidasi secara kimia dari pada secara biologis.(Sopha, 2006).

Masih menurut Metcalf and Eddy (didalam Sopha, 2006), Pengukuran nilai COD sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air buangan industri dan domestik yang mengandung senyawa atau unsur yang beracun bagi mikroorganisme.

2.9.3. pH

Menurut Tchobanoglous dalam (Shinta Sharifani) menyatakan Temperatur dan pH pada lingkungan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam degradasi organik secara anaerob. Bakteri akan bekerja aktif pada rentang pH yang spesifik dan menunjukkan aktivitas maksimum pada pH optimum. Menurut Malina dan Pohland dalam Shinta Sharifani menyatakan pH optimum yang dibutuhkan bakteri asidogenik adalah 5 sampai 6.5, sedangkan pH optimum untuk bakteri metanogenesis yaitu di atas 6.5.

Menurut Malina dan Pohland dalam (Shinta Sharifani), untuk limbah cair yang tidak memiliki alkalinitas yang cukup sebagai buffer karena terbentuknya konsentrasi asam yang tinggi di pengolahan anaerob, maka pH Kolom Landfill dapat dikontrol dengan penambahan alkali, seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , and KOH . Menurut Beukens dalam (Shinta Sharifani) menyatakan Penurunan pH menunjukkan adanya akumulasi asam yang dapat terjadi karena konsentrasi asam volatil yang tinggi dalam Kolom Landfill. Ketika bakteri asidogenik bekerja, asam organik semakin banyak diproduksi dan menyebabkan turunnya pH.

Menurut Pescod dalam (Prambodo,2005) mengatakan bahwa nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Menurut Barus dalam (Prambodo.2005) menyatakan kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa. Selanjutnya beliau menambahkan bahwa nilai pH perairan

dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Menurut Pohland dan Harper dalam (Prambodo.2005) menyatakan nilai pH air lindi pada tempat pembuangan sampah perkotaan berkisar antara 1,5 – 9,5.

2.9.4. TSS (Total Suspended Solid)

Menurut Mustofa, 1997 (didalam SopHan, 2006), TSS (Total Suspended Solid) atau total padatan tersuspensi adalah Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0.45 mikron. Padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sendimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lain-lain. Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid.

2.10. Hipotesa

Berdasarkan data sekunder dan kajian penelitian sebelumnya dapat disusun hipotesa yaitu:

- a. Umur sampah yang berbeda akan berpengaruh terhadap konsentrasi COD, BOD, TSS, pH pada lindi.
- b. Semakin tua umur sampah maka konsentrasi COD, BOD, TSS, pH pada lindi akan semakin menurun.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen skala laboratorium. Dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap Kolom Landfill yang dibuat, serta analisis pada timbulan lindi

sampah perkotaan untuk mengetahui kadar BOD, COD, TSS, pH pada lindi juga untuk mengetahui timbulan lindi yang dihasilkan dari berbagai umur sampah.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan untuk pengujian laboratorium, dan untuk *Running* Kolom Landfill di rumah kaca. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta.

3.3. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama enam bulan dari proses persiapan penelitian (sampling sampah di TPA Piyungan), proses pembuatan reaktor, pengujian sampel di laboratorium, pengolahan data dan penyusunan laporan akhir.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Bahan-bahan penelitian

Bahan- bahan yang digunakan selama proses penelitian adalah :

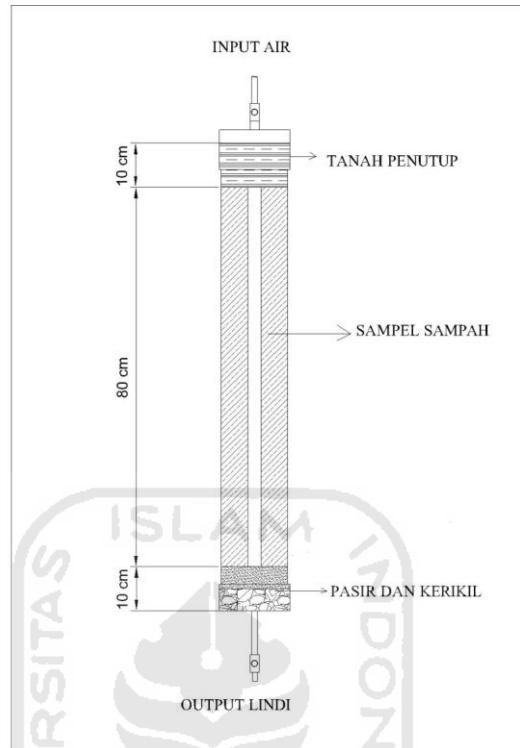
- a) Bahan utama adalah sampah padat yang diambil dari TPA Piyungan dengan variasi umur yang berbeda. Dengan penjelasan :
 1. Umur sampah < 1 Tahun (Kolom Landfill 1)
 2. Umur sampah 1 - 2 Tahun (Kolom Landfill 2)
 3. Umur sampah 2 – 5 Tahun (Kolom Landfill 3)
 4. Umur sampah > 5 Tahun (Kolom Landfill 4)

- b) Bahan pembuat Kolom Landfill berupa : Pipa PVC Ø 6", Tutup Pipa Ø 6", Pipa PVC Ø 1/2", Stop kran Ø 1/2", Mika, Selang, Selang Transparan, Botol Minuman 1,5 L, Jerigen 2,5 L, Lem Pipa, kayu reng, dan kawat.
- c) Bahan Tambahan berupa pasir dan kerikil sebagai filter Kolom Landfill dan tanah lempung sebagai penutup sampah.
- d) Inokulum (starter), berupa lindi yang berasal dari TPA piyungan.

3.4.2 Alat-alat penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- a) Alat sampling sampah berupa : sekop, ember, dan plastik ukuran besar
- b) Alat pembuatan Kolom Landfill berupa : Pemanas, Bor Elektrik, Gerinda Elektrik, cutter dan penunjuk skala gas (dari kertas milimeter)
- c) Alat untuk persiapan sampel ke Kolom Landfill : timbangan, wadah sederhana, sarung tangan, plastik kecil dan masker.



Gambar 3.1 Kolom Landfill

3.5. Metode Pengumpulan Data

3.5.1 Metode Pengukuran

Pengukuran produksi lindi diambil berdasarkan periodik waktu tertentu. Penelitian ini dilakukan selama 4 (minggu) minggu dengan sampel sampah dari TPA Piyungan, Kolom Landfill diberi penambahan air sesuai dengan curah hujan yang ada di wilayah TPA Piyungan dan dilaksanakan dengan 4 (empat) variasi umur sampah yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Variasi Umur Sampah

Variasi	Umur Sampah
1	<1 tahun
2	1-2 tahun
3	2-5 tahun
4	>5 tahun

Pengambilan sampel (sampah) dilakukan berdasarkan zona pada TPA piyungan dimana zona tersebut dibagi menjadi 3 (tiga) dengan keterangan sebagai berikut :

- a) Zona I : Waktu penggunaan lahan sejak tahun 1995-2005.
- b) Zona II : Waktu penggunaan lahan sejak tahun 2005-2009.
- c) Zona III : Waktu penggunaan lahan sejak tahun 2009-2012.

Berdasarkan data tersebut, menjadi acuan dalam pengambilan sampel/ sampah berdasarkan umur sampah. Berdasarkan waktu dan variasi yang digunakan dalam penelitian ini, maka dibutuhkan 4 (empat) Kolom Landfill dan pengukuran komposisi karakter lindi (BOD,COD,TSS, dan pH) dilakukan setiap seminggu sekali. Volume pemberian air dilakukan dengan mengetahui curah hujan dan hari hujan maksimum/tahun, di bantu dalam angka, 2010 : Total curah hujan daerah piyungan sekitar 1167,0 mm/tahun. Dari data tersebut maka didapat bahwa volume air hujan perminggu adalah 2490 lt/minggu.

3.6. Metode Analisa

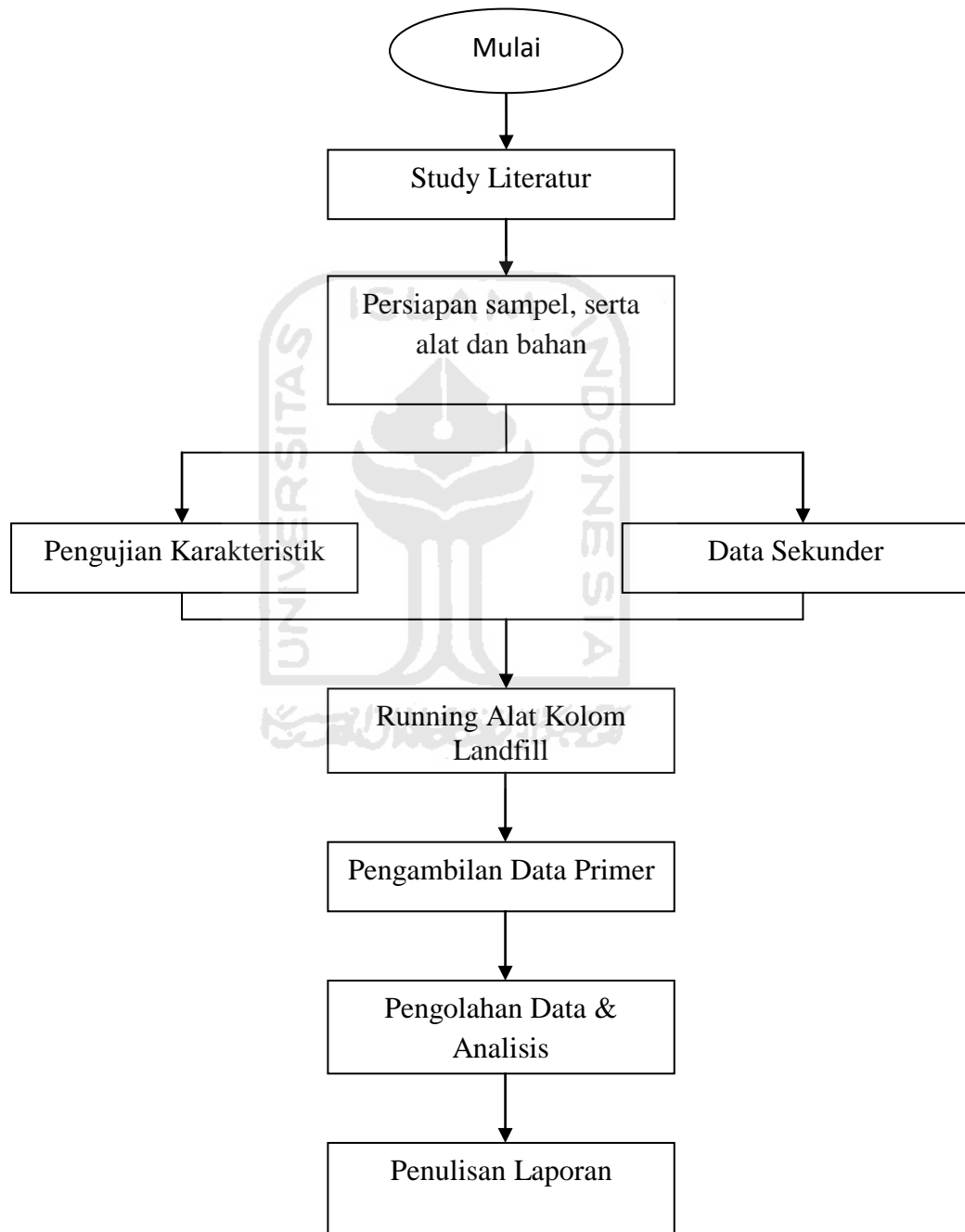
Tabel 3.2 Metode Analisa

No	Parameter	Metode	Keterangan
1	COD	Spektrofotometer, Titration	SNI 6989.2:2009 (Spektrofotometer), SNI M- 70-1990-03 (Titration)
2	BOD	DO meter	SNI 6989.72-2009
3	TSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3-2004
4	pH	pH meter	SNI 06-6989.11-2004



3.7. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.2 Tahapan-tahapan penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Karakteristik Sampah

Sampel sampah dimasukkan kedalam kolom landfill, terlebih dahulu dilakukan pengujian awal yaitu pengujian beberapa parameter sampah yang berhubungan dengan proses biodegradasi sampah antara lain kadar air, kadar volatile, berat jenis dan komposisi organik-anorganik.

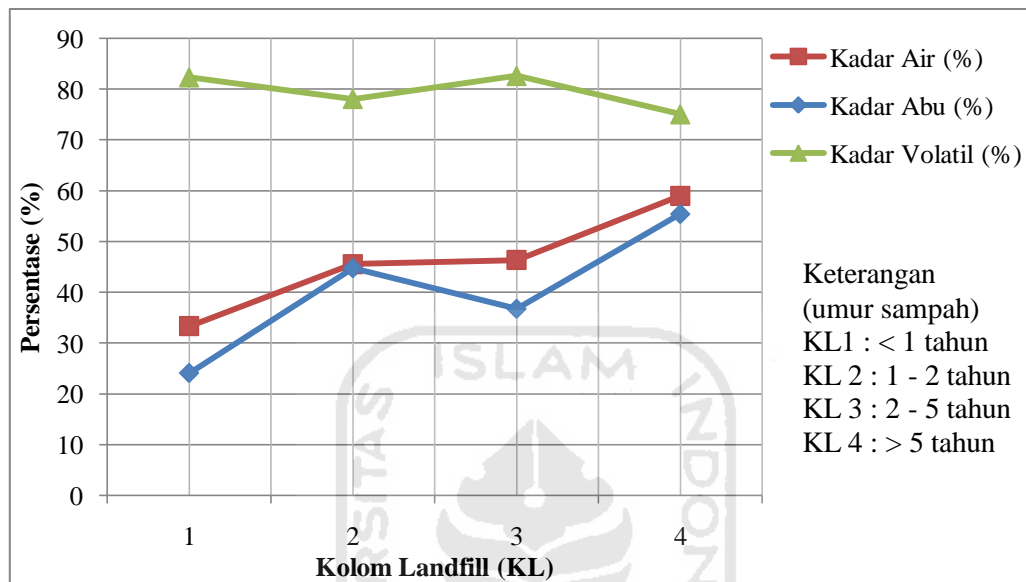
Hasil pengujian tersebut antara lain:

Tabel 4.1 karakteristik Sampel Sampah

No	Umur sampel sampah	Kadar air (%)	Berat Abu (gr)	Kadar Abu (%)	Kadar Volatil (%)	Berat jenis sampah (kg/L)
1	<1 tahun	33,33	2,829	24,11	82,32	0.277
2	1-2 tahun	45,56	6,582	44,74	78,08	0.221
3	2-5 tahun	46,35	4,749	36,75	82,60	0.307
4	>5 tahun	58,83	10,055	55,44	75,07	0.483

Dari hasil pengujian karakteristik sampel sampah diatas dapat dilihat bahwa terdapat hasil yang berbeda-beda untuk setiap umur sampah. untuk kadar abu, semakin muda umur sampah yaitu < 1 tahun maka semakin kecil pula kadar abu, hal itu dapat disebabkan kandungan organik yang tinggi, sedangkan untuk sampah dengan umur yang lebih tua yaitu > 5 tahun kandungan airnya semakin tinggi, hal ini dapat disebabkan komposisi sampah yang sebagian besar terdiri dari tanah humus. Begitu juga untuk parameter fisik sampah yang lain seperti kadar air, berat abu, kadar Volatil, dan berat jenis sampah. Menurut (Simon, 2007) nilai densitas sampah/ 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 respektatif yaitu seberapa besar sampel sampah mewakili keadaan sebenarnya. Perbedaan karakteristik fisik setiap variasi umur sampah juga dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Pengujian karakteristik sampah

4.1.1 Komposisi Sampah

Pengujian komposisi sampah dilakukan untuk mengetahui komposisi masing-masing umur sampah yang akan dimasukkan kedalam kolom landfill, caranya dengan memilah antara sampah organik dan anorganik dimasing-masing umur sampah.

Tabel 4.2 Komposisi sampah pada berbagai umur sampah

No	Komposisi Sampah	Umur <1 tahun		Umur 1-2 tahun		Umur 2-5 tahun		Umur <5 tahun	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
1	Tanah	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

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa secara umum komposisi sampah pada berbagai umur berbeda-beda. Semakin muda umur sampah maka semakin tinggi pula material organiknya, hal ini disebabkan karena organik yang ada pada umur sampah muda belum sepenuhnya terdegradasi oleh mikroorganisme. Sedangkan semakin tua umur sampah semakin sedikit material organiknya dan semakin banyak komposisi tanah humusnya hal ini dapat disebabkan karena material organik telah terdegradasi dengan baik dalam jangka waktu yang panjang.

4.2. Pengukuran Kuantitas Lindi

Volume lindi yang dihasilkan dicatat setiap kali akan menambahkan air, dimana air ditambahkan sebanyak 2.5 L perminggu untuk minggu ke 1, 835 ml per 2 hari sekali pada minggu ke 2, dan 355 ml perharinya pada minggu ke 3 dan minggu ke 4.

Perbandingan antara akumulasi volume pemberian air dan akumulasi volume lindi yang dihasilkan selama 4 minggu akan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Penambahan Air dengan Volume Lindi Tertampung Pada Berbagai Umur Sampah

Minggu ke	Σ Penambahan Air (ml)	KL1	KL 2	KL3	KL 4
		Σ Lindi Tertampung (ml)	Σ Lindi Tertampung (ml)	Σ Lindi Tertampung (ml)	Σ Lindi Tertampung (ml)
1	2500	1940	1500	1900	1940
2	5000	4250	4000	4220	4150
3	7500	6250	6025	6235	6100
4	10000	8450	8275	8435	8150

Keterangan: KL 1 (umur sampah < 1 tahun), KL 2 (umur sampah 1-2 tahun), KL 3 (umur sampah 2-5 tahun), KL 4 (umur sampah >5 tahun)

Dari tabel diatas dapat dilihat, berdasarkan hasil pengamatan pada 4 kolom landfill tersebut selama 4 minggu dapat diambil kesimpulan bahwa secara keseluruhan volume lindi yang dihasilkan lebih kecil daripada volume air yang ditambahkan. Rerata persentase volume lindi yang tertampung dari volume air yang diberikan pada setiap kolom landfill adalah, KL 1 = 85,045 %, KL 2 = 82,082 %, KL 3 = 83,995 %, dan KL 4 = 81,720 %. Dan untuk suhu lindi berkisar antara 25-27⁰C sedangkan suhu ruangan berkisar antara 25-33⁰C.

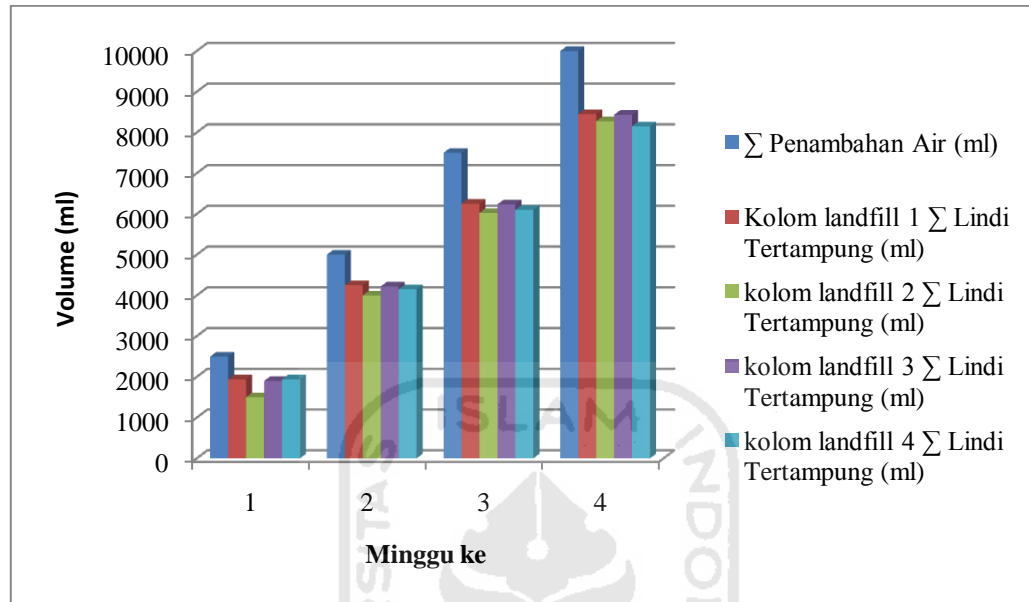
Volume air yang ditambahkan pada setiap kolom landfill adalah sama yaitu 2500 ml, sedangkan lindi yang dihasilkan tiap kolom landfill berbeda. Hal itu dapat disebabkan oleh beberapa faktor pertama karena perbedaan komposisi organik yang ada tiap kolom landfill. Sampah organik mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam menyerap air daripada sampah anorganik, sehingga kolom landfill yang memiliki komposisi organik yang tinggi dan anorganik yang rendah menghasilkan lindi yang relatif sedikit daripada kolom landfill lain yang memiliki komposisi anorganik yang tinggi dan organik yang rendah akan menghasilkan lindi yg lebih banyak. Akan tetapi hal itu tidak terjadi pada kolom landfill <1 tahun karena kemungkinan sampah yang ada didalam kolom landfill tersebut sudah jenuh sehingga air yang ditambahkan hanya akan lewat atau membilas sampahnya.

Faktor kedua yang dapat mempengaruhi lindi yang dihasilkan adalah penguapan. Pada saat running kolom landfill, bertepatan dengan musim kemarau, sehingga suhu yang tinggi dapat menyebabkan penguapan yang mana ikut mempengaruhi kuantitas lindi yang dihasilkan.

Faktor yang ketiga adalah kadar tanah yang ada di tiap kolom landfill, seperti kolom landfill 4 dimana kadar tanah y lebih dari 50% atau lebih tepatnya 56%, hal ini menyebabkan lindi yang dihasilkan kolom landfill 4 relatif sedikit daripada kolom landfill-kolom landfill lain.

Kuantitas lindi yang terbentuk pada landfill sebagian besar tergantung oleh faktor iklim daerah sekitar landfill. Volume lindi juga dipengaruhi oleh kandungan *moisture* pada sampah, komposisi sampah padat, transformasi biokimia dan fisik

akibat perubahan kelembaban pada wilayah landfill serta aliran air yang berasal dari luar landfill (Słomczyńska dan Słomczyński, 2004).



Gambar 4.2 Akumulasi Penambahan Air dan Volume Lindi

4.2.1. Hasil dan Pembahasan pH

Hasil pengukuran pH dari lindi tiap kolom landfill selama 4 minggu adalah sebagai berikut,

Tabel 4.4 Hasil Pengujian pH

minggu	Kolom landfill			
	< 1 th	1-2 th	2-5 Th	> 5 th
1	6.73	7.96	7.52	7.6
2	6.96	8.03	8.28	8.2
3	7.42	8.65	8.57	8.4
4	7.36	9.01	8.81	8.75

Dari tabel 4.4 hasil pengukuran pH untuk 4 kolom landfill menunjukkan nilai pH yang cenderung menurun, hanya pada kolom landfill 1 saja terdapat sedikit kenaikan pada minggu ke 3. Derajat keasaman atau pH sangat berpengaruh pada proses pertumbuhan mikroorganisme pengurai (dekomposer). Kondisi pH optimum

untuk proses biodegradasi anaerobik berkisar antara 6 – 8 (Yuen, 2001 dalam ARRPE, 2004). Pada penelitian ini kolom landfill 1 memiliki nilai pH berkisar antara 6-8 pada rentang waktu minggu ke 1 sampai minggu ke 4 dimana itu merupakan kondisi pH optimum. Sedangkan pada kolom landfill 2, 3 dan 4 hanya diminggu pertama saja yang nilai pH y antara 6-8, selebihnya pada minggu-minggu selanjutnya nilai pH y melebihi 8.

pH mengalami penurunan yang dikarenakan terjadinya akumulasi asam-asam volatil, yang merupakan penghalang bagi aktivitas metanogenes. Hal ini disebabkan karena pada saat bakteri asidogenik bekerja, asam organik terproduksi semakin banyak dan menyebabkan nilai pH turun (setianingrum,2011). Untuk mengurangi alkalinitas (menurut Malina dan Pohland dalam Shinta Sharifani) menyatakan bahwa pH kolom landfill dapat dikontrol dengan memberikan penambahan alkali, seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , and KOH . Dengan penambahan alkali maka pH dapat dikontrol. Turunnya nilai pH pada kolom landfill anaerobik ini karena sedang berlangsungnya fase asidogenesis pada kolom landfill ini. Pada fase asidogenesis ini menyebabkan berkurangnya oksigen, sehingga bakteri anaerob fakultatif menjadi dominan, likuifaksi terus berlangsung, sejumlah besar asam-asam volatil serta CO_2 akan dihasilkan dari sistem ini, dan materi anorganik akan lebih banyak larut, terutama karena turunnya pH.

Menurut Mc Bean,(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.

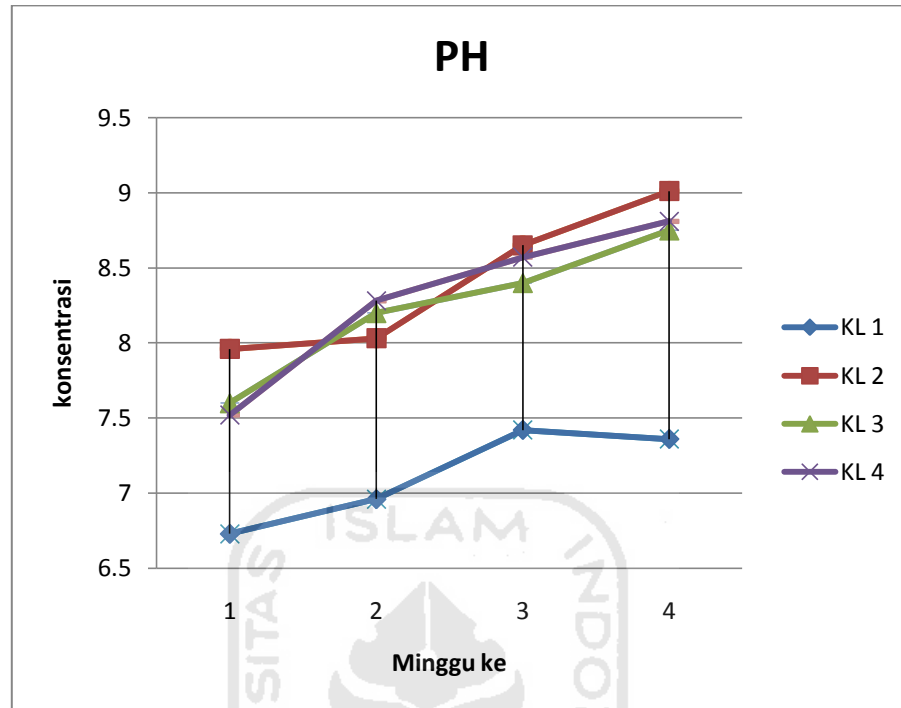
Menurut (Iswanto, Astono dan Sunaryati,2007) menyatakan penurunan nilai pH dapat disebabkan reaktor dalam keadaan asam. Hal ini menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan bahan organik yaitu karbohidrat diuraikan menjadi glukosa dan glukosa diuraikan lagi menjadi asam organik,

menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Terjadinya penguraian asam organik menjadi CO_2 dan H_2O menyebabkan penurunan asam organik dalam reaktor sehingga mengakibatkan nilai pH naik.

Menurut Davis dan Cornwell dalam (Astuti,2008) menyatakan bahwa air lindi dari TPAS dengan sistem *sanitary landfill* mengandung TSS 200-1000 mg/l; BOD5 2000- 30.000 mg/l; COD 3000-45.000 mg/l; dan pH 5,3 - 8,3. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Astuti pada TPA Putri Jempe Mojosongo Surakarta menunjukkan nilai pH pada kualitas air lindi sebesar 8,67.

Nilai pH memiliki pengaruh yang sangat penting dalam proses degradasi air lindi. Pengolahan air lindi dalam waktu singkat maka menghasilkan nilai pH dalam reaktor 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 (Setianingrum,2011).

Dari tabel 4.4 diatas dapat dibuat grafik tentang data pengukuran pH tiap minggunya yang dapat dilihat pada grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.3 Perbandingan Nilai pH setiap kolom landfill

4.2.2. Hasil dan Pembahasan *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Untuk pengujian COD dilakukan sebanyak 4 kali, dengan pengambilan sampel seminggu sekali. Dilakukan pengujian COD untuk setiap kolom landfill.

Berikut ini adalah hasil pengujian konsentrasi COD dari sampel lindi tiap kolom landfill,

Tabel 4.5 hasil pengujian COD

minggu	Kolom landfill			
	< 1 th	1-2 th	2-5 th	>5 th
1	8668.29	1200	456	216
2	10022.09	1200	408	216
3	9234.72	240	648	672
4	8784.79	3840	288	240

Dari Tabel 4.5 diatas dapat dilihat hasil untuk setiap minggunya kolom landfill. Pada kolom landfill 1 dr minggu 1 ke minggu 2 mengalami kenaikan

konsentrasi, lalu dari minggu 2 ke minggu 3 dan 4 mengalami penurunan konsentrasi COD. Sedangkan untuk kolom landfill 2, konsentrasi COD untuk minggu 1 dan 2 tidak ada perubahan artinya sama akan tetapi dari minggu 2 ke minggu 3 mengalami penurunan dan dari minggu 3 ke minggu 4 mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Dari kolom landfill 3 dan 4 mempunyai kondisi yang hampir sama yaitu minggu 2 ke minggu 3 ada yang sama dan ada yang turun konsentrasinya, sedangkan minggu 2 ke minggu 3 konsentrasi y naik lalu turun diminggu ke 4.

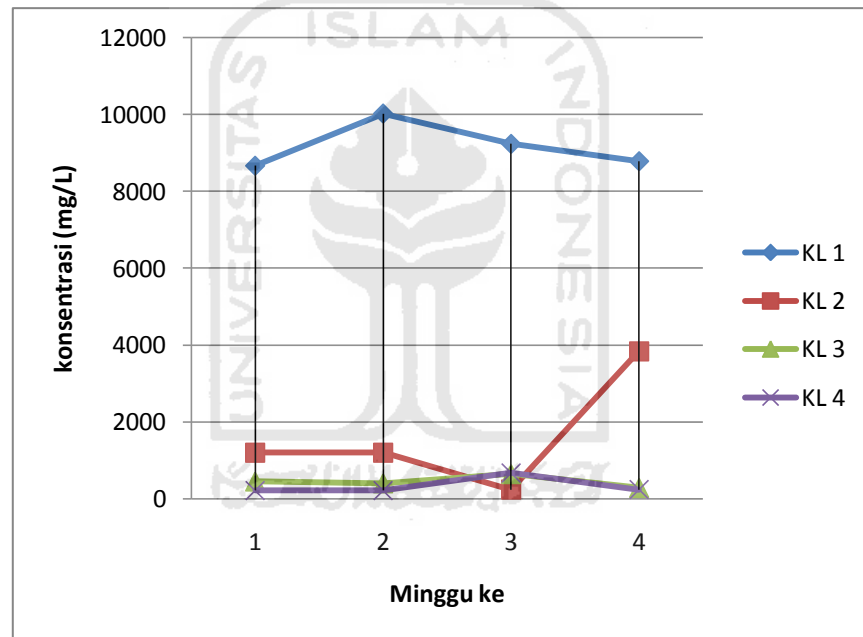
Menurut (Iswanto, Astono dan Sunaryati,2007) dari percobaan yang mereka lakukan selama 24 hari memperlihatkan hasil konsentrasi COD berkisar antara 4.601 – 113.970 mg/l. Pada hari ke-12 kenaikan konsentrasi COD disebabkan zat organik dan asam organik hasil degradasi dari mikroorganisme mencapai nilai tertinggi. Hal ini dimungkinkan 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 menurun sampai hari-hari terakhir, dengan bertambahnya waktu karena terjadi penguraian asam organik menjadi CO_2 dan H_2O dengan demikian berkurangnya asam organik. Menurut McBean, 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.

Penurunan COD menunjukkan bahwa proses degradasi yang terjadi dalam reaktor sudah berjalan dengan baik mikroba yang berada didalam reaktor berjalan dengan baik. Semakin banyak COD mengalami proses degradasi maka menghasilkan banyak gas metan yang lebih banyak. Kenaikkan COD disebabkan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang berada di dalam reaktor sehingga proses degradasi materi organik berlangsung dalam reaktor tersebut. Selain itu kenaikan COD dapat disebabkan proses degradasi yang belum sempurna yaitu adanya lignin pada batang kayu. Lignin memerlukan waktu yang lama untuk didegradasi.

Pengujian COD terhadap waktu menunjukkan semakin lama waktu yang digunakan untuk mengolah COD maka akan menghasilkan nilai COD yang stabil (Setianingrum, 2011)

Jadi, semakin tua umur sampah semakin menurun pula konsentrasi COD. Hal ini dapat disebabkan komposisi sampah yang berbeda-beda, dimana KL 1 organiknya lebih tinggi daripada KL 4.

Dari tabel 4.5 diatas dapat dibuat grafik tentang data pengukuran COD tiap minggunya yang dapat dilihat pada grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.4 Perbandingan Nilai COD setiap kolom landfill

4.2.3. Hasil dan Pembahasan *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Untuk pengujian BOD dilakukan sebanyak 4 kali, dengan pengambilan sampel seminggu sekali. Dilakukan pengujian BOD untuk setiap kolom landfill.

Berikut ini adalah hasil pengujian konsentrasi BOD dari sampel lindi tiap kolom landfill,

Tabel 4.6 hasil pengujian konsentrasi BOD

minggu	Kolom landfill			
	< 1 th	1-2 th	2-5 th	>5 th
1	419	183	52	46
2	641	140	47	37
3	650	76	7	10
4	619	47	31	16

Dari Tabel 4.6 diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi BOD pada tiap kolom landfill mengalami nilai yang fluktuatif tapi cenderung menurun. Dari kolom landfill 1 konsentrasi BOD mengalami kenaikan dari minggu 1 sampai minggu ke 3 lalu menurun diminggu 4. Kolom landfill 2 konsentrasi BOD mengalami penurunan dari minggu 1 sampai minggu 4. Untuk kolom landfill 3 dan kolom landfill 4 mengalami proses yang hampir sama yaitu dari minggu 1 sampai minggu 3 konsentrasi BOD mengalami penurunan dan minggu 4 mengalami sedikit kenaikan.

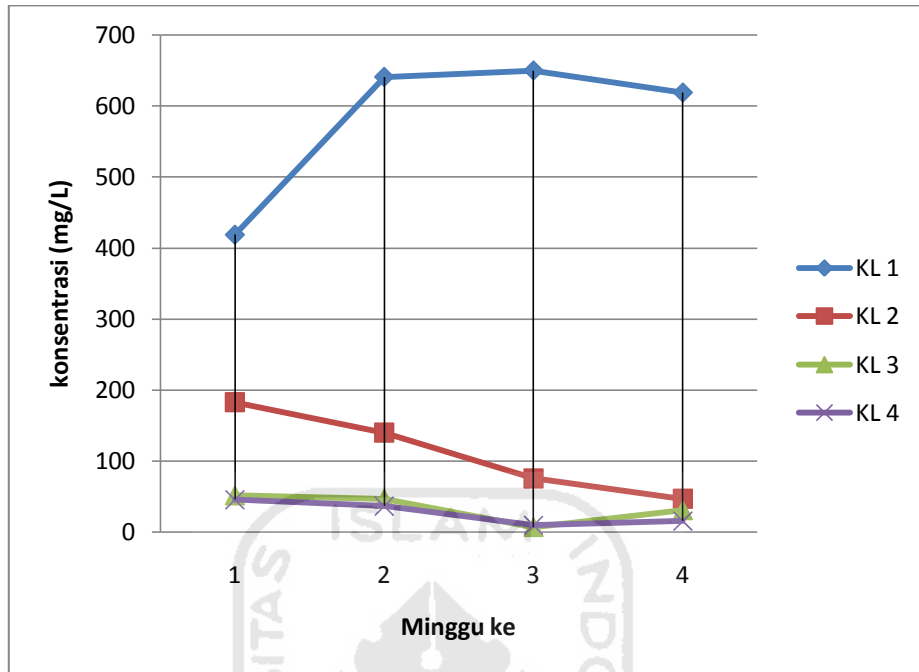
Untuk kenaikan konsentrasi BOD ini dapat disebabkan karena jumlah oksigen terlarut dalam kolom landfill sedikit dan pada kolom landfill terdapat organik yang tinggi sehingga mikroorganisme membutuhkan oksigen untuk mendegradasi organik. Menurut (Haedar,2003) tingginya nilai BOD pada limbah adalah sebagai akibat tingginya kandungan bahan organik terutama lignin. Lignin sebagai salah satu komponen utama penyusun kayu merupakan polimer bercabang yang unit perulangannya tidak teratur dan mekanisme pembentukannya tidak bersifat genetik (diturunkan). Lignin dalam kayu berfungsi sebagai pengikat (binder) sehingga pohon dapat berdiri kokoh.

Sedangkan untuk penurunan konsentrasi BOD dapat disebabkan karena sudah adanya proses degradasi yang baik oleh mikroba sehingga mampu mendegradasi dengan baik bahan-bahan organik yang terdapat dalam kolom landfill. Proses Penurunan ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa jumlah oksigen terlarut yang tinggi, mampu mendegradasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam kolom landfill.

Menurut Ferdias dalam (Astuti,2008) menyatakan BOD tinggi berarti oksigen terlarut sedikit, kondisi ini mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme air termasuk mikroorganisme aerobik menjadi tidak dapat hidup dan berkembang biak, sebaliknya mikroorganisme anaerob akan aktif memecah bahan-bahan buangan secara anaerob. Senyawa-senyawa hasil pemecahan secara anaerob seperti amin, H_2S , dan pospor mempunyai bau yang menyengat, misalnya amin berbau anyir dan H_2S berbau busuk.

Menurut Iswanto, Astono dan Sunaryati dari percobaan yang mereka lakukan selama 24 hari memperlihatkan hasil konsentrasi BOD_5 berkisar antara 2.026 – 31.746 mg/l. Kenaikan BOD_5 ada perbedaan semakin kecil ini menunjukkan bahwa zat organik sebagai nutrien mikroorganisme masih cukup dipakai untuk kehidupan mikroorganisme. Hal ini menunjukkan adanya bahan organik yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga diperlukan sejumlah oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut. Selanjutnya, nilai BOD_5 berangsur menurun. Nilai berangsur menurun dengan bertambahnya waktu karena bahan organik berangsur terurai oleh mikroorganisme yang ada di dalam reaktor.

Dari tabel **4.6** diatas dapat dibuat grafik tentang data pengukuran BOD tiap minggunya yang dapat dilihat pada grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai BOD setiap kolom landfill

4.2.4. Hasil dan Pembahasan TSS

Untuk pengujian TSS dilakukan sebanyak 4 kali, dengan pengambilan sampel seminggu sekali. Dilakukan pengujian TSS untuk setiap kolom landfill.

Berikut ini adalah hasil pengujian konsentrasi TSS dari sampel lindi tiap kolom landfill,

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Konsentrasi TSS

minggu	Kolom landfill			
	< 1 th	1-2 th	2-5 th	>5 th
1	700	200	80	10
2	1800	1000	110	40
3	500	100	50	40
4	500	300	60	50

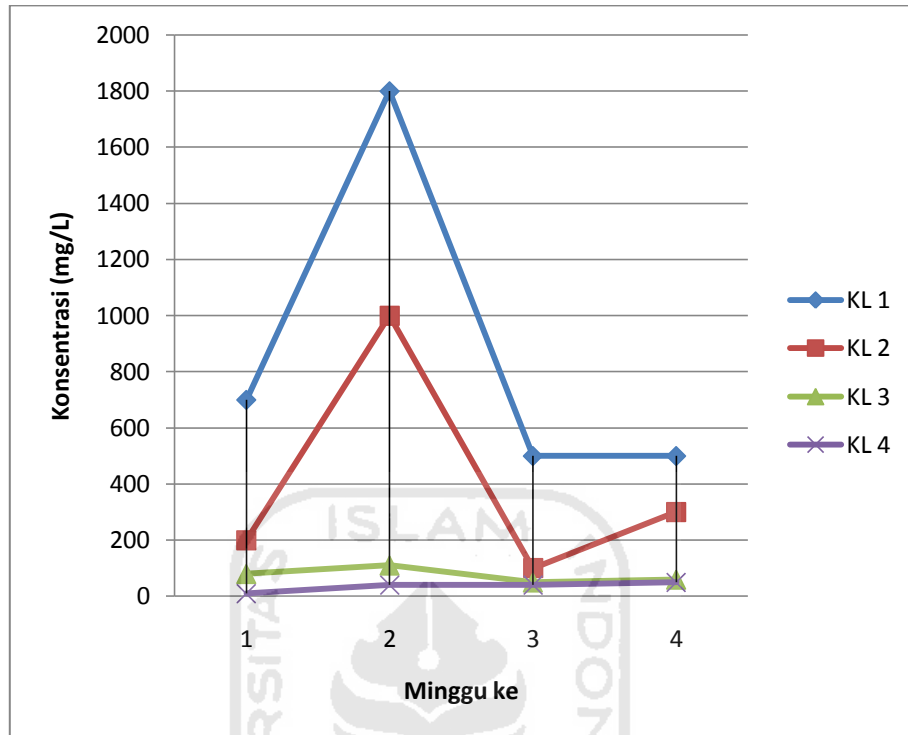
Dari tabel 4.7 diatas terlihat bahwa nilai TSS untuk semua kolom landfill fluktuatif. Kolom landfill 1 mengalami kenaikan dari minggu 1 ke minggu 2, lalu berangsur-angsur menurun diminggu 3 dan minggu 4. Untuk kolom landfill 2 dan

kolom landfill 3 grafiknya fluktuatif, dari minggu 1 ke minggu 2 mengalami kenaikan lalu minggu ke 3 menurun, dan minggu 4 menaik lagi. Untuk kolom landfill 4 grafiknya cenderung naik, yaitu dari minggu 1 ke minggu 2 konsentrasi TSS naik, dan minggu 2 ke minggu 3 sama lalu minggu 3 ke minggu 4 naik.

Dalam penelitian ini konsentrasi TSS dipengaruhi oleh degradasi sampah yang dilakukan oleh mikroorganisme, karena diberi penambahan air secara berkala maka banyak materi-materi hasil degradasi yang ikut terbawa. Umur sampah juga mempunyai pengaruh terhadap konsentrasi TSS, yaitu semakin muda umur sampah semakin banyak pula bahan organik yang akan didegradasi mikroorganisme sehingga konsentrasi TSS juga semakin tinggi.

Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis. Pengukuran langsung TSS sering memakan waktu yang cukup lama. Mengukur kekeruhan (turbiditas) air dilakukan untuk dapat memperkirakan TSS dalam suatu contoh air dengan turbidimeter yang mengukur kemampuan cahaya untuk melewati suatu sampel air. Kenaikkan yang mendadak padatan tersuspensi dapat disebabkan oleh erosi tanah, pembakaran sampah kota yang kapasitasnya menurun, jika terjadi hujan lebat. Sampah yang kebanyakan dari zat organik tersebut banyak yang memerlukan oksigen selama diuraikan. Kejernihan air yang rendah menunjukkan produktivitas yang tinggi, karena sifat kejernihan berhubungan dengan produktivitas. (Sopha, 2006)

Dari tabel 4.7 diatas dapat dibuat grafik tentang data pengukuran TSS tiap minggunya yang dapat dilihat pada grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai TSS setiap kolom landfill

Dari hasil pengujian parameter-parameter tersebut bisa dilihat bahwa semakin muda umur sampah maka konsentrasinya akan semakin tinggi, oleh sebab itu diperlukan pengolahan untuk mengolah lindiya agar tidak mencemari lingkungan. Menurut Amokrane et al., 1997 didalam ARRPET, proses pengolahan lindi ada beberapa cara, seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Hubungan antara umur TPA, karakteristik lindi dan Pengolahan.

Landfill Age (years)	< 5 (young)	5 to 10 (medium)	> 10 (old)
Leachate Type	I (Biodegradable)	II (Intermediate)	III (Stabilized)
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
Process	Treatment Efficiency		
Biological Treatment	A	B	C
Chemical Oxidation	B-C	B	B
Chemical Precipitation	B-C	B	C
Activated Carbon	B-C	A-B	A
Coagulation- flocculation	B-C	A-B	A
Reverse Osmosis	C	A	A

Keterangan: A: Baik, B: Cukup, C: Buruk

Sumber: Amokrane et al., 1997 didalam Asian Institute of Technology, Thailand (2004) and Tongji University, China (2004)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Umur sampah berpengaruh terhadap karakteristik lindi terutama pH, COD, BOD, TSS.
2. Penambahan air berpengaruh terhadap kuantitas lindi yang dihasilkan yaitu semakin lama waktu sampling semakin banyak juga lindi yang dihasilkan.
3. Dari hasil penelitian didapat bahwa volume lindi yang dihasilkan dari umur sampah tua volume lindinya lebih sedikit dibandingkan dengan volume lindi yang dihasilkan oleh sampah muda.
4. Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengukuran pH yang cenderung menurun . pH tertinggi pada kolom landfill 2 yaitu sampah berumur 1-2 tahun, di minggu keempat penelitian dengan nilai 9,01, sedangkan pH terendah pada kolom landfill < 1 tahun yaitu 6,73 pada minggu pertama penelitian.
5. Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengukuran konsentrasi COD yang fluktuatif. Konsentrasi COD yang tertinggi ada pada kolom landfill 1 di minggu ke 2 sebesar 10022.09 mg/l. Dan yang terendah ada pada kolom landfill 4 di minggu ke 1&2 sebesar 216 mg/l.
6. Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengukuran konsentrasi BOD yang fluktuatif tapi cenderung menurun. Konsentrasi BOD yang tertinggi ada pada kolom landfill 1 di minggu ke 3 sebesar 650 mg/l. Dan yang terendah ada pada kolom landfill 3 di minggu ke 3 sebesar 7 mg/l.
7. Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengukuran konsentrasi TSS yang fluktuatif. Konsentrasi TSS yang tertinggi ada pada kolom landfill 1 di

minggu ke 2 sebesar 1800 mg/l. Sedangkan yang terendah ada pada kolom landill 4 di minggu ke 1 sebesar 10 mg/l.

5.2 **Saran**

1. Saran untuk penelitian selanjutnya agar memperhatikan faktor-faktor penting yang dapat mempengaruhi baik kualitas maupun kuantitas lindi dalam pengujian kolom landfill. Faktor-faktor tersebut antara lain: suhu, kelembaban, curah hujan.
2. Apabila ada penelitian yang sejenis disarankan untuk menambah waktu running kolom landfill dan waktu pengamatan, agar didapat hasil yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2011.**Bahan Organik**. <http://www.lestarimandiri.org/id/pupuk-organik/156-bahan-organik.html>. Diakses pada tanggal 15 Desember 2011.
- Anonim2.2010.**BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah**. <http://djokers-edogawa.blogspot.com/2010/11/bod-dan-cod-sebagai-parameter.html>. Diakses pada tanggal 15 Desember 2011.
- Arif. 2009. **Sampah Cermin Wajah Perkotaan**. Diupload pada 29 November 2011.
- ARRPET. 2004. **Enhancement Of Solid Waste Degradation Using Different Operating Techniques In Bioreactor Landfill**. Draft Final Report. Faculty Of Engineering. Kasetsart University Bangkok. Thailand.
- Astuti, Dwi. 2008. **Analisis Kualitas Air Lindi Di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Putri Cempo Mojosongo Surakarta**. *Jurnal Kesehatan ISSN 1979-7621*. Volume 1. Hal 29-37.
- Damanhuri, Enri. 2004. **Diktat Kuliah TL Pengelolaan Sampah**. Departement Teknik Lingkungan, FTSP-ITB. Bandung
- Damanhuri, Enri. 2008. **Bagian Tujuh Pengolahan Leachate (Lindi)**. Diktat Landfill Limbah. Versi 2008. Hal 7.1 – 7.17
- Fairus, Sirin. dkk. 2011. Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi : Biogas dan *Precursor* Briket. Teknik Kimia, ITENAS. Bandung.
- Franklin, Associates, Ltd. 1995. **“Characterization of Municipal Solid Waste in the U.S”**: Update, Prairie Village, Kansas, 1996.
- Hadiwiyoto, S. (1983). **Penanganan dan Pemanfaatan Sampah**. Yayasan Idayu : Jakarta.
- Haedar, Nur. 2003. **Dekolorisasi dan Degradasi Lindi Hitam oleh Bakteri Lognolitik**. Tesis. Program Studi Biologi. Jurusan Ilmu-ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.

- Hjelmar, dkk. 2000. *Leachate Emission From Landfill Final Report*. AFN, Naturvardsverket. Swedish Environmental Protection Agency. Stockhlo. Sweden
- Iskamto, Bambang, 2003, "*Peranan Mikroorganisme dalam Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Monosodium Glutamat*".Tesis S-2, UNS, Surakarta
- 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.
- Kasam.2009. *Pergerakan Leachate (Lindi) Pasca Penutupan Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Sampah*. Disertasi. Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Gajah Mada.
- Kumalasari,Vita.2010. *Optimasi Kecepatan Produksi Biogas Dari Sampah Buah dan Kotoran Ternak Dengan Penambahan Air Lindi Pada Sistem Anaerobic*.Tesis.Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.
- Lab Teknik Penyehatan dan Lingkungan Jur Teknik Sipil, Fak teknik UGM, 2007. *Hasil Analisa Kualitas Lindi TPA Piyungan*. Yogyakarta.
- Levlin, Erik. 1993. *Material Deteriotation At Different Process Condition In Waste Deposit-Prestudy*. Water Resources Engineering. Royal Institute Of
 teknologi.www.kthi.se/abe/inst/iwr/personal/personer/levlin_erik/deponi.htm. Didownload pada 2 Juni 2011.
- Martono, Djoko Heru. 1996. *Pengendalian Air Kotor (Leachate) Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*.
- Mastuti, E, Paryanto, 2001, "*Pengolahan Alumunium Hidroksida dengan Gas Hidrogen Sulfida-Udara Yang Direaksikan Dalam Reaktor Unggun*", Gema Teknik, vol 2, UNS Press, Surakarta
- McBean, Edward A, dkk. 1995. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Englewood Cliffs. New jersey.

- Muziarni, Astrin.2007. *Penurunan konsentrasi biological oxygen demand (BOD) pada lindi TPA Piyungan dengan metode elektrokoagulasi*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan UII. Yogyakarta.
- Olaosun, Olatunde.O.2001. *Modeling Leachate Production in Heterogeneous Municipal Solidm Waste Landfills*. University Of Calgary. Calgary.
- Pakpahan, Hotmawati Lidya.2010. *Manajemen Pengelolaan Sampah Dalam Rangka Pengembangan Kota Medan Berwawasan*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan
- Prambodo, Krismono.2005.*Kualitas Lindi Pada Tempat Pembuangan Akhir Sampah Galuga Kabupaten Bogor*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor
- Priyono dan Utomo. 2008. *Pengolahan Leachate (Lindi) Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Semarang Secara Anaerob*. Makalah Penelitian. Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putranto, Rizky. (2011). *PENGARUH FRAKSI ORGANIK TERHADAP KONSENTRASI LOGAM BERAT (Pb, Cd dan Cr) DALAM LINDI HASIL PROSES BIODEGRADASI SAMPAH*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan UII. Yogyakarta.
- 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.
- Setianingrum, Novie Putri. 2011. *Pengaruh komposisi sampah terhadap karakter lindi (pH,BOD,COD, dan TDS) menggunakan Biorektor anaerobic sampah perkotaan*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan UII. Yogyakarta.
- Sharifani & Soewondo ---. *Degradasi Biowaste Fasa Cair, Slurry, Dan Padat Dalam Reaktor Batch Anaerobic Sebagian Dari Mechanical Biological Treatment*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Sidharta, Ir. 1997. ***Rekayasa Lingkungan***. Universitas Gunadarma. Jakarta
- Simon, Wira Afrianti. 2007. ***Pemrosesan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan Melalui Usaha Daur Ulang Dan Pengomposan***. Tesis ITB, Bandung
- Słomczyńska, B dan T. Słomczyński. (2004). ***Physico-Chemical and Toxicological Characteristics of Leachates from MSW Landfills***. Institute of Environmental Engineering Systems, Department of Environmental Biology, Warsaw University of Technology, 20 Nowowiejska Str., 00-653 Warsaw, Poland
- Sophan, Affan. 2006. ***Efektifitas Anaerobik Horizontal Roughing Filter Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Pada Lindi Sampah Domestik***. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan UII. Yogyakarta
- Sudjianto, Agus T. 2008. ***Perilaku Rembesan Leachate Pada Dasar Clay Liner Di LPA Supit Urang Kota Malang***. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Widyagama. Malang.
- Sunarto. ***Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Persampahan dan Upaya Penurunannya Melalui Pengolahan Sampah Di Tempat Pengumpulannya***.
- Suratna. 2008. ***Pengaruh Mikroba Aktif Terhadap Kualitas Pupuk Cair Dari Lindi TPA Piyungan***. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Tchobanoglous, G. 1993. ***Integrated Solid Waste Management : Engineering Princiles and Management Issues***. New York : McGraw-Hili,Inc.
- Wahjuni, N.S., 1996, ***“Pengaruh TPA terhadap Air Sumur Dangkal”***, Tesis S-2 UI, Jakarta
- Wiyana.2008. ***Studi Pengaruh Penambahan Lindi Dalam Pembuatan Pupuk Granuler Terhadap Ketercucian N,P,K***. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

LAMPIRAN

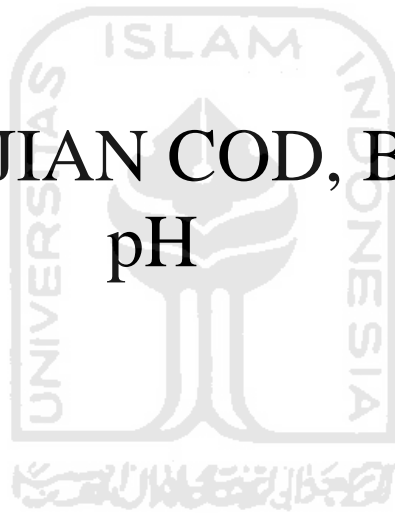


LAMPIRAN 1:
HASIL UJI COD
(SPEKTROFOTOMETRI)

The image contains a large, faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is a shield-shaped emblem with a central floral or geometric design. The text 'UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA' is written vertically on either side of the central design. Below the shield, there is a line of Arabic calligraphy.

LAMPIRAN 2:

SNI PENGUJIAN COD, BOD, TSS,
pH



LAMPIRAN 3:

DOKUMENTASI PENELITIAN



1. Keterangan gambar : Sampel sampah yang digunakan.



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

2. Keterangan gambar : Proses pengujian komposisi sampah.



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

3. Keterangan gambar : kolom landfill.



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

4. Keterangan gambar : Pengujian laboratorium.



(Sumber : Data penelitian, 2011)