

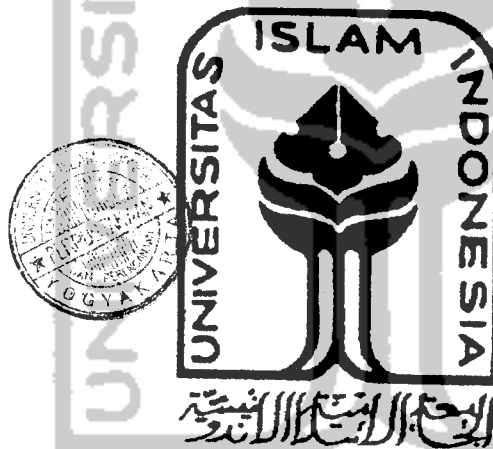
/TL/2006/0117

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HABIB BELL	
TGL. TERIMA :	25 April 2007
NO. JUDUL :	002378
NO. INV. :	520002378001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS TEKNOLOGI MEMBRAN KERAMIK TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe) DAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) PADA LIMBAH CAIR LINDI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, JOGJAKARTA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : Kalfi Aminati
No. MHS : 01 513 029

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIFITAS TEKNOLOGI MEMBRAN KERAMIK
TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe) DAN
CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) PADA LIMBAH CAIR
LINDI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN,
JOGJAKARTA**



Nama : Kalfi Aminati
No. MHS : 01 513 029

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT

Tanggal :

14-11-06

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST

Tanggal : 14-11-06

HALAMAN PERSEMBAHAN

karya kecil ini penyusun ingin persembahkan untuk:

Bapak dan mam tercinta (H. Munawir S dan Mas'udah)

Semoga selalu dibawah lindungan Allah SWT

Kakak-kakakku (ms_han+ma_uyun, ms_nafz+b_krist, Ya_ong+ms_dd, Boim),

Adek-adekku (Gorat+Tiung),

My little lovely (Fawaz+Yaya).

Dan semua keluarga besar MONAS, terima kasih atas do'a dan dukungannya

I love you all

Also for

My spirit in my live.



KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Efektifitas Teknologi Membran Keramik Terhadap Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) Dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Jogjakarta.**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT.
2. Rasulullah Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya.

3. Bapak Luqman Hakim, ST. Msi., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
4. Bapak H. Kasam, MT., selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
5. Bapak Eko Siswoyo, ST., selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, sampai dengan selesai dalam pelaksanaan tugas akhir.
6. Bapak Hudori, ST., selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
7. Bapak Andik Yulianto, ST., selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
8. Bapak Agus Adi Prananto, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
9. Bapak Tasyono, Amd., dan Mas Iwan, Amd., selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah banyak membantu dalam analisa laboratorium.
10. *Tay_ku* (Erwin Awn), thanks for all of your time to be with me. Your pray and your spirit are make me strong. Semoga Allah SWT mendengar doa kita. Amien.

11. Temam-teman angkatan 2001 yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang udah ST ataupun yang masih berjuang. Speciall thanks for *consultant* and *the Geng*. Fitria Andryani, Nurcahyani Purnawati, Isni Febriana, n Feni Utami. Dengan dorongan semangat kalian penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terus jadi “the best friend” sampe kapanpun ya...
12. Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, November 2006

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Lindi	6

2.1.1	Proses Pembentukan Lindi.....	7
2.1.2	Karakteristik Limbah Cair Lindi	8
2.1.3	Kualitas Lindi TPA Piyungan	11
2.1.4	Pengaruh Pencemaran Lindi	12
2.2	Besi (Fe)	13
2.3	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	17
2.4	Keramik	19
2.4.1	Bahan Baku Keramik.....	20
2.4.2	Tanah Lempung.....	21
2.4.3	Klasifikasi Mineral Lempung.....	22
2.4.4	Pembuatan Keramik.....	23
2.5	Membran Keramik	27
2.5.1	Proses Penyaringan (<i>Filtrasi</i>)	28
2.5.2	Proses Sedimentasi	28
2.5.3	Proses Adsorpsi	29
2.5.4	Aktifitas Kimia	32
2.6	Hipotesis	33

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Umum	34
3.2	Jenis Penelitian	34
3.3	Objek Penelitian	35
3.4	Lokasi Penelitian	35

3.5	Waktu Penelitian	35
3.6	Variabel Penelitian	36
3.7	Parameter Penelitian	37
3.8	Pelaksanaan Penelitian	37
3.8.1	Persiapan Serbuk Gergaji	37
3.8.2	Pembuatan Membran Keramik	38
3.8.3	Pembuatan Rangkaian Reaktor Membran Keramik.....	38
3.8.4	Pengambilan Limbah Cair Lindi	39
3.8.5	Proses <i>Running</i> Reaktor Membran Keramik	40
3.9	Kerangka Penelitian Tugas Akhir	40
3.10	Analisa Laboratorium	41
3.11	Analisa Data	42
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	45
4.1.1	Konsentrasi Besi (Fe)	45
4.1.2	Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	49
4.2	Analisa Data Penelitian	53
4.2.1	Analisa Data Besi (Fe)	54
4.2.2	Analisa Data <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)....	56
4.3	Analisa Porositas Membran Keramik.....	59
4.4	Pembahasan	59

4.4.1	Penurunan Konsentrasi Besi (Fe)	60
4.4.2	Penurunan Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	63

BAB V KESIMPULAN DAN PEMBAHASAN

5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Faktor-faktor yang berpengaruh pada Pembentukan Lindi ..	8
Gambar 2.2	Rembesan lindi ke dalam air tanah	13
Gambar 2.3	Bagan Bentuk Besi (Fe) di dalam air	15
Gambar 3.1	Reaktor membran keramik	39
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 5%	46
Gambar 4.2	Grafik konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 7.5%	47
Gambar 4.3	Grafik konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 10%	48
Gambar 4.4	Grafik konsentrasi COD pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 5%	50
Gambar 4.5	Grafik konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 7.5%	51
Gambar 4.6	Grafik konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 10%	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah dan pengelolaannya kini menjadi masalah yang kian mendesak dan apabila tidak dilakukan penanganan yang baik akan mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan atau tidak diharapkan sehingga dapat mencemari lingkungan baik terhadap tanah, air, dan udara. Untuk mengatasi masalah pencemaran tersebut diperlukan penanganan dan pengendalian terhadap sampah.

Proses pengolahan sampah yang dilakukan di tempat pembuangan akhir sampah (TPA) akan menghasilkan lindi atau air luruhan sampah yang merupakan cairan yang meresap melalui sampah dan mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Lindi akan terjadi apabila ada air eksternal yang berfiltrasi kedalam sampah, misalnya air permukaan, air hujan atau air tanah dan sumber air yang lain. Lindi termasuk salah satu bentuk pencemar lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah.

Kualitas lindi penting diketahui, karena kehadiran lindi dengan kandungan logam berat dan senyawa organik pada saat lindi mengalir dan mencapai tanah untuk akan berpotensi terhadap penurunan kualitas tanah dan air tanah disekitarnya, serta badan air sebagai tempat menerima pembuangan lindi tersebut. Untuk menghindari hal tersebut harus dipikirkan usaha-usaha yang dapat

dilakukan untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif limbah cair lindi terhadap lingkungan.

Tempat pembuangan akhir (TPA) sampah harus mempunyai bangunan pengolahan limbah cair lindi sebelum dibuang ke badan air, agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Namun pada pengolahan lindi di Tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan dengan menggunakan *aerated lagoon* (proses aerobik), saat ini masih menghasilkan *effluen* yang mengandung logam berat dan senyawa organik yang cukup tinggi. Diantaranya adalah besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Dari hasil pemeriksaan laboratorium yang dilakukan terhadap *effluent* dari unit pengolahan limbah cair lindi tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan diketahui bahwa kandungan besi (Fe) adalah 16 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah 2151,32 mg/L. Angka tersebut masih melebihi standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991, sehingga dibuat suatu alternatif pengolahan lindi agar dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD), yaitu reaktor membran keramik. Membran keramik juga dapat digunakan sebagai pengolahan lanjutan dari unit pengolahan limbah cair lindi Tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan yang telah ada.

Berbagai riset dan penelitian pengolahan air menggunakan membran keramik sebelumnya menunjukkan bahwa membran keramik memberikan hasil yang baik. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Prof. Ir. Wahyono Hadi MSc., PhD., menunjukkan membran keramik mampu melakukan pemisahan air untuk salinitas dengan efisiensi sampai dengan 38% (*Download* 15 oktober 2006).

Untuk membentuk pori pada membran keramik, dalam pembuatannya diberikan campuran serbuk gergaji yang dibedakan menjadi tiga variasi, yaitu 5%, 7.5%, dan 10%. Dengan adanya pori tersebut akan terjadi proses filtrasi dan adsorpsi terhadap logam berat dan senyawa organik yang ada didalam lindi, sehingga diharapkan dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan Chemical Oxygen Demand (COD) sampai dengan memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair.

1.2. Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas maka, dapat ditarik rumusan masalah yaitu :

- a. Apakah reaktor membran keramik dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair lindi dari tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan dan berapa besar efisiensinya.
- b. Pada komposisi campuran serbuk gergaji berapakah bagi membran keramik agar dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang optimum.
- c. Berapakah waktu yang optimum untuk menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui efisiensi membran keramik yang tertinggi dalam menurunkan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair lindi.
- b. Mencari komposisi membran keramik yang memiliki nilai efisiensi tertinggi, dari komposisi serbuk gergaji 5%, 7.5% dan 10% dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).
- c. Mengetahui waktu yang optimum dari variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit pada membran keramik dalam menurunkan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair lindi.

1.4. Batasan Penelitian

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Metode yang digunakan adalah metode filtrasi dengan menggunakan reaktor membran keramik, dengan komposisi reaktor adalah tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji kayu sengon.
- b. Jenis tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung dengan bakaran suhu rendah.
- c. Sampel yang akan digunakan adalah lindi yang diambil dari kolam pengolahan paling akhir pada unit pengolahan limbah cair lindi yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.

- d. Parameter yang diukur adalah besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).
- e. Variasi dari serbuk gergaji adalah 5%, 7.5% dan 10%.
- f. Variasi dari waktu tinggal adalah 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat menurunkan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di dalam limbah cair lindi.
- b. Memberikan salah satu alternatif pengolahan ataupun pengolahan lanjutan bagi limbah cair lindi sampah domestik dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).
- c. Sebagai referensi dan bahan kajian bagi peneliti berikutnya untuk mengembangkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dan mencoba berbagai variasi sehingga akan diperoleh data yang lebih lengkap tentang kemampuan membran keramik dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Lindi

Lindi yaitu cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi (Tchobanoglous, 1993). Secara umum lindi adalah limbah cair dari suatu tempat penimbunan sampah padat atau air rembesan dari hasil dekomposisi sampah padat yang terakumulasi pada suatu timbunan sampah yang mengandung sejumlah zat-zat kimia beracun, bakteri pathogen, senyawa organik dan konstituen lainnya yang terlarut dan tersuspensi di dalam tanah (Anonim, 1995). Proses adanya lindi dapat terjadi karena dua hal, yaitu cairan yang berasal dari sampah itu sendiri dan cairan yang berasal dari luar, terutama dari air hujan yang jatuh ke lokasi penimbunan sampah. Cairan tersebut kemudian akan mengisi rongga-rongga pada sampah dan bila kapasitasnya sudah melebihi kapasitas tekanan air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar sebagai cairan lindi. Hasil dari proses tersebut maka lindi biasanya mengandung bahan - bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi (Damanhuri,1993).

Selain kuantitas, kualitas lindi juga penting diketahui dalam menentukan pengaruhnya yang potensial terhadap kualitas air permukaan dan air tanah disekitarnya, hal ini dikarenakan kontaminan yang terbawa sangat beragam. Kontaminan yang terbawa di dalam lindi adalah tergantung pada komposisi

sampahnya dan simultan aktifitas fisik, kimia dan biologi di dalam timbunan sampah.

2.1.1. Proses Pembentukan Lindi

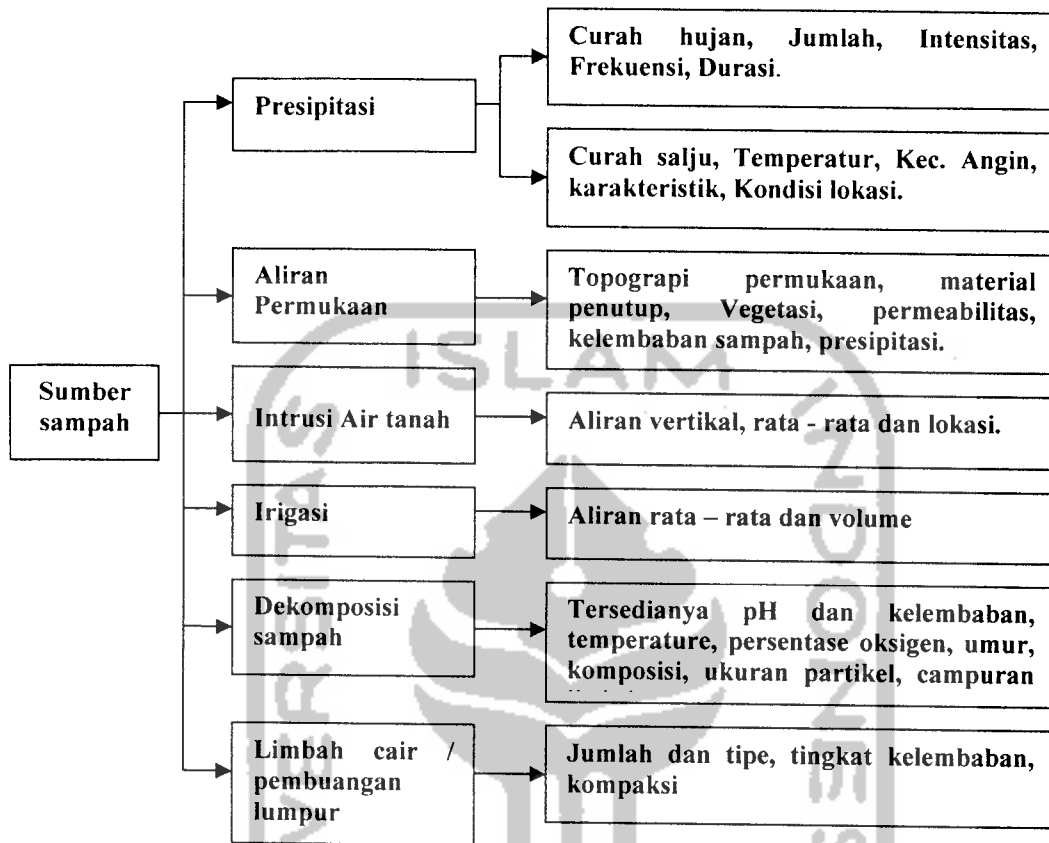
Proses dekomposisi terjadinya lindi yaitu ketika terjadinya penumpukan sampah yang ditandai dengan adanya perubahan secara fisik, biologis, dan kimia pada sampah. Proses yang terjadi (Chen, 1975), yaitu ;

- a) Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
- b) Oksidasi kimiawi.
- c) Pelepasan gas dari timbunan sampah.
- d) Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
- e) Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis.
- f) Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan sampah.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan. Kuantitas lindi yang ditimbulkan oleh timbunan sampah padat pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA) dipengaruhi oleh :

1. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan.
2. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.

3. Kandungan dari sampah itu sendiri.
4. Air dari proses dekomposisi bahan organik pada sampah.



Gambar 2.1 Faktor-faktor yang berpengaruh pada Pembentukan Lindi
(Sumber : Qasim, 1994)

2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimiawi, dan biologis. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang sederhana. Sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lainnya yang dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktivitas didalam *landfill* umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terdekomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalam habis maka mikroorganisme utama yang bekerja adalah mikroorganisme fakultatif dan anaerob yang menghasilkan gas metan (CH_4) yang tidak berbau dan berwarna.

Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat, sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan metan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

Dekomposisi sampah oleh aktivitas mikroba adalah sebagai berikut :

1. Degradasi dilakukan oleh mikroorganisme aerobik menjadi lebih sederhana yaitu karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O).
2. Apabila oksigen yang tertangkap habis dikonsumsi oleh mikroorganisme aerobik dan diganti (CO_2), maka proses degradasi diambil alih oleh organisme yang perkembangannya dengan atau tanpa adanya oksigen. Organisme ini akan memecah molekul organik menjadi lebih sederhana seperti ; Hidrogen, amonia, air, karbon dioksida dan asam organik.
3. Pada tahap ini organisme anorganik berkembang biak dan menguraikan asam organik menjadi gas metan (CH_4) serta lainnya.

Pada fase anaerobik, lindi yang dihasilkan mempunyai kandungan organik yang tinggi, pH rendah, berbau dan perbandingan *BOD* dan *COD* yang tinggi. Tingginya konsentrasi *BOD* dan *COD* disebabkan oleh asam organik yang ada,

seperti ; asam asetat, butirat dan lain-lain. Pada fase *methagonesis*, sebagian besar karbon organik dirubah menjadi gas, sehingga konsentrasi *BOD* dan *COD* menjadi rendah, pada fase ini pH meningkat sekitar 6,8 – 7,2 (Knox, 1985).

Karakteristik lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan golongan sampah yang dibuang, kontinyuitas pembuangan, parameter kimia yang terdapat dalam sampah, mikrobia yang berperan, topografi lahan dan keseimbangan air di tempat pembuangan akhir (TPA) (Anonim, 1995).

Karakteristik dari lindi ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Data komposisi lindi baru dan matang dari *landfill*

Unsur pokok	Konsentrasi mg/l		
	Landfill baru (< 2 tahun)		Landfill lama (> 10 tahun)
	Range	Tipikal	
BOD ₅	2.000 - 30.000	10.000	100 - 200
TOC	1.500 - 20.000	6.000	80 - 160
COD	3.000 - 60.000	18.000	100 - 500
TSS	200 - 20.000	500	100 - 400
N organik	10 - 800	200	80 - 120
N amoniak	10 - 800	200	20 - 40
Nitrat	5 - 40	25	5 - 10
Total fospor	5 - 100	30	5 - 10
Ortho fospor	4 - 80	20	4 - 8
Alkalinitas (CaCO ₃)	1.000 - 10.000	3.000	200 - 1.000
pH	4,5 - 7,5	6	6,6 - 7,5
Total hardnes (CaCO ₃)	300 - 10.000	3.500	200 - 500
kalsium	200 - 3.000	1.000	100 - 400
Magnesium	50 - 1.500	250	50 - 200
Potassium	200 - 1.000	300	50 - 400
Sodium	200 - 2.500	500	100 - 200
klorida	200 - 3.000	500	100 - 400
Sulfat	50 - 1.000	300	20 - 50
Total besi	50 - 1.200	60	20 - 200

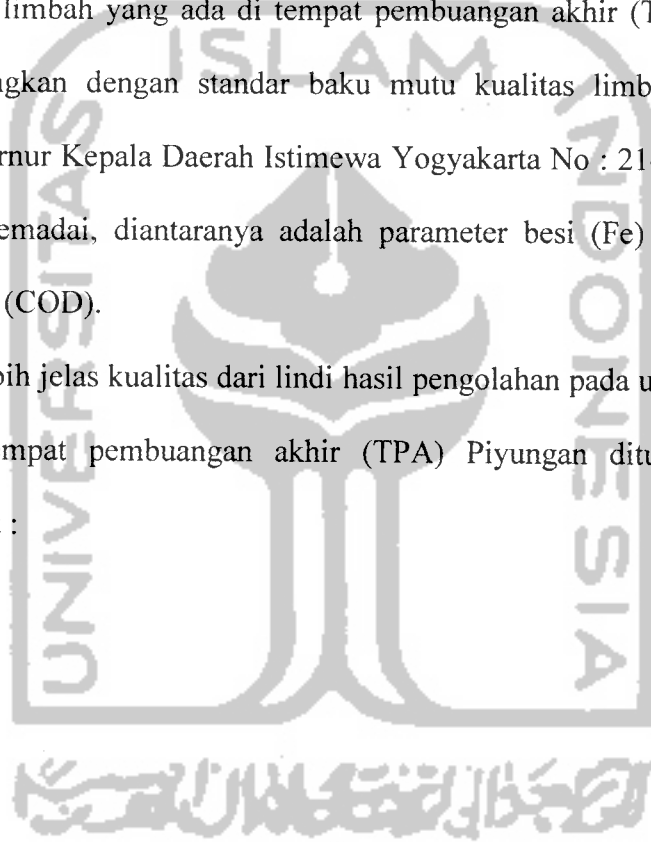
(Sumber : Tchobanoglous 1993)

Data pada tabel tersebut menunjukkan bahwa kisaran nilai konsentrasi untuk beberapa unsur mempunyai perbedaan yang besar. Dalam hal ini tidak terdapat nilai rata-rata yang diberikan untuk lindi sampah. Nilai tipikal yang ditunjukkan dimaksudkan hanya sebagai pedoman.

2.1.3. Kualitas Lindi TPA Piyungan

Kualitas limbah cair lindi yang telah mengalami proses pengolahan pada unit pengolahan limbah yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan apabila dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991 belum cukup memadai, diantaranya adalah parameter besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Untuk lebih jelas kualitas dari lindi hasil pengolahan pada unit pengolahan yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :



Tabel 2.2 Hasil pemeriksaan limbah cair lindi TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Kadar max	Metode uji	Pemeriksaan
a. Fisika				
Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	2000	Gravimetri	7817
Temperatur	° C	30	Pemuaian	28
TSS	mg/L	200	Spektrofotometri	636
b. Kimia				
Air raksa	mg/L	0,002	AAS	Ttd
Arsen	mg/L	0,1	Spektrofotometri	Ttd
Barium	mg/L	2	AAS	0,009
Cadmium	mg/L	0,05	AAS	Ttd
Cromium	mg/L	0,1	Spektrofotometri	6,04
Tembaga	mg/L	2	AAS	0,41
Sianida	mg/L	0,05	Spektrofotometri	Ttd
Fluorida	mg/L	2	Spektrofotometri	< 0,5
Timbal	mg/L	0,1	Spektrofotometri	0,4051
Nikel	mg/L	0,2	AAS	Ttd
Nitrat	mg/L	20	Spektrofotometri	14,4476
Nitrit	mg/L	1	Spektrofotometri	0,8409
Ammonia	mg/L	1	Spektrofotometri	114,914
Besi	mg/L	5	Spektrofotometri	16,0
Mangan	mg/L	2	Spektrofotometri	4,0
Sulfida	mg/L	0,05	Spektrofotometri	-
Klorin bebas	mg/L	1	Gravimetri	0
Seng	mg/L	5	AAS	2,9
Crom total	mg/L	0,5	Spektrofotometri	10,64
BOD	mg/L	50	Titrimetri	2151,32
COD	mg/L	100	Titrimetri	4729,67
Phenol	mg/L	0,5	Spektrofotometri	70,47
Cobalt	mg/L	0,4	AAS	0,28

(Sumber : TPA Piyungan, 12 Desember 2005).

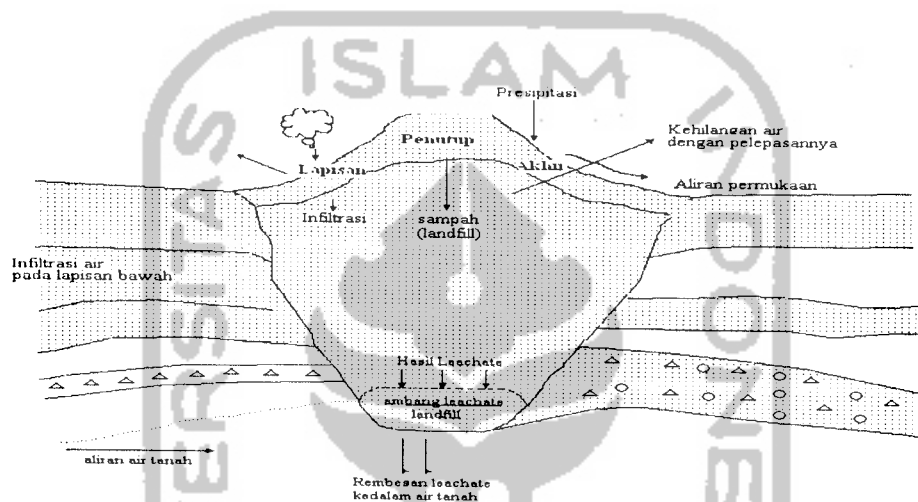
2.1.4. Pengaruh Pencemaran Lindi

Pengaruh lindi terhadap polusi air adalah sebagai berikut :

- a. Air permukaan yang terpolusi oleh lindi dengan kandungan organik yang tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang tergantung pada oksigen akan mati.

- b. Air tanah yang dicemari oleh lindi yang berkonsentrasi tinggi, polutan tersebut akan tetap berada pada air tanah dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen yang terlarut. Sumber air bersih yang berasal dari air tanah terpolusi tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih.

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Rembesan lindi ke dalam air tanah

(Sumber : Chatib, 1986)

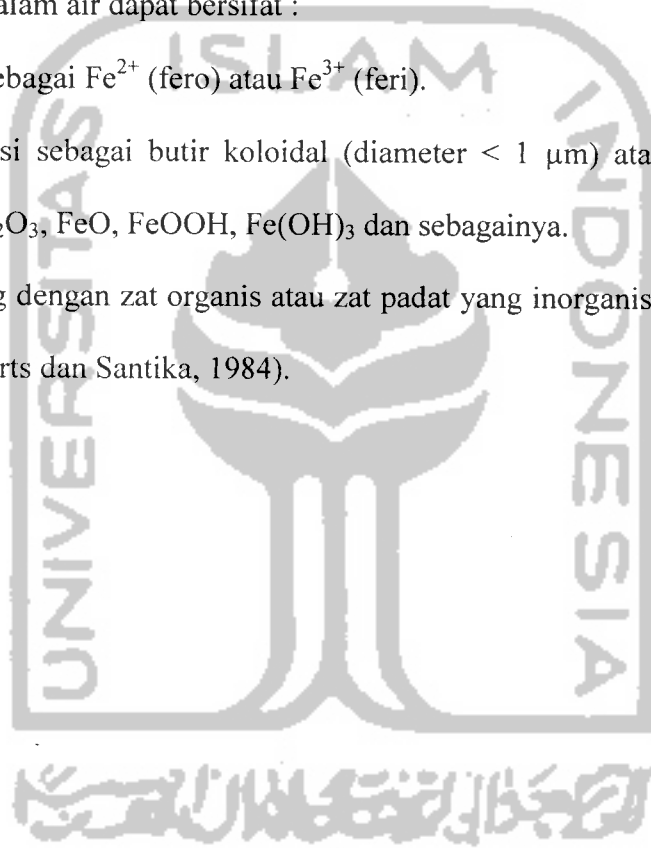
2.2. Besi (Fe)

Besi atau ferrum (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Didalam air besi dapat ditemukan dalam berbagai bentuk persenyawaan, antara lain bentuk oksidasi

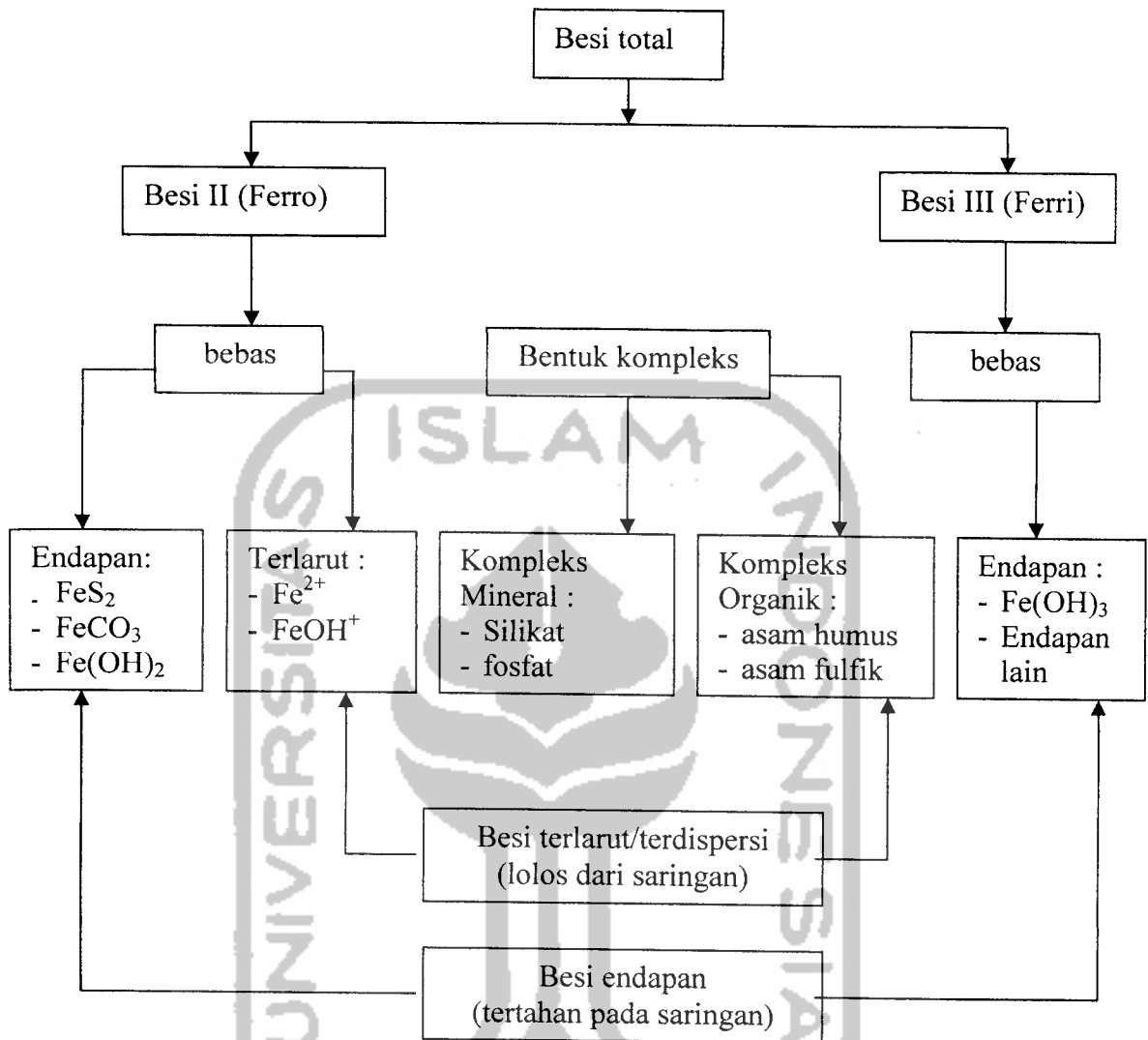
tetrahidrat, hermatit (Fe_2O_3), magneite (FeO_4), goethite ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$), karbonat, siderite (FeCO_3) dan sulfida, pirit (FeS_2).

Pada air yang mengandung oksigen (O_2), besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup dapat terlarut, sedangkan yang mengalir atau yang terjadi aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} . Fe^{3+} ini sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya dibawah beberapa $\mu\text{g/l}$), bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Pada umumnya, besi yang ada didalam air dapat bersifat :

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri).
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1 \mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat) (Alaerts dan Santika, 1984).



Bentuk besi dalam air dapat dilihat dalam bagan berikut ini :



Gambar 2.3 Bagan Bentuk Besi (Fe) di dalam air
(Sumber : Degremond, 1979)

Pengaruh terhadap kesehatan dapat terjadi karena tercemarnya tanah dan air tanah oleh lindi dengan konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. Kehadiran besi (Fe) yang berlebihan didalam air menimbulkan beberapa efek yaitu :

1. Presipitasi dari logam ini merubah air menjadi keruh berwarna kuning kecoklatan, kadang – kadang sampai hitam.

2. Kehadiran besi menyebabkan berkembangnya mikroorganisme pada sistem distribusi.
3. Deposit dari presipitat besi kadang-kadang tersuspensi kembali dengan bertambahnya *flow rate* dapat menimbulkan kekeruhan cukup tinggi.
4. Menyebabkan air berasa logam dan berbau.
5. Presipitasi dari logam-logam ini menimbulkan kesukaran pada proses pengolahan air misalnya *ion exchange* yang dapat mempercepat habisnya kapasitas penukaran ion.
6. Konsentrasi besi dalam air yang melebihi 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda pada kain dan peralatan-peralatan dapur.
7. Besi juga dapat mengakibatkan endapan pada pipa-pipa logam.
8. Dalam dosis tinggi dapat merusak dinding usus, bahkan dapat menyebabkan kematian karena rusaknya dinding usus ini.
9. Debu besi (Fe) dapat diakumulasi di dalam alveoli, dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas maka harus dilakukan proses pengolahan terhadap limbah cair lindi, yang diketahui mengandung konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. *Effluen* dari proses pengolahan harus memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair yang telah ditetapkan, sehingga akan mengurangi tingkat pencemaran dari limbah cair lindi terhadap air tanah dan air permukaan disekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA), ataupun mencemari tanah dan air tanah yang dilewati oleh aliran lindi.

Air limbah yang mengandung besi (Fe) dapat dilakukan pengolahan dengan cara sebagai berikut :

1. Oksidasi, khlorinasi, atau ozonisasi atau dengan bahan kimia lain seperti kalium permanganat yang dilanjutkan dengan proses filtrasi atau proses pengendapan.
2. Koagulasi – flokulasi yang diikuti proses filtrasi atau pengendapan
3. Pertukaran ion (*ion exchange*)
4. Penghilangan besi dengan bakteri besi.

2.3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah banyaknya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada didalam air limbah secara kimia (Metcalf and Eddy, 1991). Oksigen terlarut mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini, hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam (Fardiaz, 1976).

Kebanyakan air limbah memiliki nilai COD tinggi dan BOD rendah yang disebabkan karena adanya bahan organik yang tidak dapat dipecah secara biologik/ bahan beracun (Jenie dan Rahayu, 1993). Sehingga pengukuran nilai *Chemical Oxygen Demand (COD)* sangat diperlukan untuk mengukur kadar bahan organik pada air buangan yang mengandung senyawa/ unsur yang beracun bagi mikroorganisme. *Chemical Oxygen Demand (COD)* diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam. Kadar *Chemical Oxygen Demand*

COD) dalam lindi terdapat dalam konsentrasi tinggi, karena pada umumnya lebih banyak senyawa yang dapat dioksidasi secara kimia daripada secara biologis.

Perbedaan antara COD dan BOD (Benefield dan Randall, 1980), yaitu :

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik biodegradable dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen *biodegradable/ non biodegradable*.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat membuat nilai COD inorganik, yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

Hasil pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. *Chemical Oxygen Demand* (COD) tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Besar kecilnya nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat

dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

Air limbah yang mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) tinggi dapat dihilangkan atau diturunkan konsentrasinya antara lain dengan cara sebagai berikut :

1. Oksidasi oleh oksigen, diberikan kontak dengan oksigen.
2. Proses filtrasi atau proses pengendapan zat suspensi organik.
3. Degradasi bahan organik oleh mikroorganisme.

2.4. Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani “Keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah (Astuti, 1997). Yang dimaksud dengan keramik adalah segala macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga mencapai keras.

Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900°C sampai 1050°C , misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramik Pajetan Bali dan lain-lain.

Keramik bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air didalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya. Sering

kita jumpai sebuah kendi terbuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara 1250°C dan 1350°C atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air. Air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdenting nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

2.4.1. Bahan Baku Keramik

Bahan baku dari keramik (gerabah) pada penelitian ini merupakan bahan alami, yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, yaitu mineral lempung seperti kaolinit $(\text{Al}_2)(\text{Si}_2\text{O}_3)(\text{OH})_4$ dan bentonit $(\text{Al, Na, Ca, Mg})(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_2$; SiO_2 mengandung mineral (seperti pasir silica), pasir kuarsa, dan serbuk gergaji.

Pasir kuarsa adalah bahan campuran yang umum digunakan dalam pembuatan keramik, dengan komposisi campuran pasir kuarsa hanya sekitar 10% dari berat tanah lempung, untuk setiap 5 kg tanah lempung.

Serbuk gergaji adalah limbah padat yang selalu ada pada industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar antara 11 – 15%, sedangkan pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya presentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergantung dari beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe gergaji, tebal bilah gergaji (*kerf*), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Dapat juga dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian. Selain itu, serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang (Suprpto, 1995).

2.4.2. Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat alumunium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

1. Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
2. Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
3. Berdosiasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa,

kalsit, pirit dan feldspar yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air (Grim, 1953).

Mineral lempung merupakan senyawa alumunium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan alumunium octahedral. Setiap unit tetrahedral (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silicon. Kombinasi dari unit-unit silica tetrahedral membentuk lembaran silica (*silica sheet*).

Sifat plastisitas lempung dan air merupakan kunci metode dalam pembuatan keramik. Sifat plastisitas mempunyai cirri :

1. Mudah dibentuk tanpa patah
2. Timbul kerut pada saat pengeringan
3. Bertambah kuat pada saat air berkurang

2.4.3. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan strukturnya, mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Grim, 1953) :

1. Amorf

Kelompok alofan.

2. Kristalin

- a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silica tetrahedral dan satu lapisan alumunium octahedral).

- Ekuidimensional

Kelompok kaolinite : kaolinite, nacrite, dictrite.

- Memanjang

Kelompok halloysite.

- b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran tersusun oleh dua lapisan silica tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau tiohedral).

Berdasarkan kegunaannya ada tiga kelompok mineral lempung, yaitu sebagai berikut :

1. Kaolinit

Adalah lempung untuk membuat keramik putih

2. Illit

Adalah sebagai bahan dasar kermik untuk bangunan (untuk membuat batu bata, genteng)

3. Montmorilonit

Merupakan lempung dengan plastisitas tinggi.

2.4.4. Pembuatan Keramik

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan kermik, pengeringan dan penyusunan dalam tungku pembakaran.

1. Pengolahan bahan baku

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hamper semua bahan alami murni mengandung banyak *grit*. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis.

Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir

bahan yang dikehendaki. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

2. Pembentukan badan keramik

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubber mold pressing*, *extrusion molding*, *slip casting* dan *injection molding* (Ichinose, 1997). *Die pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10 – 20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain ubin lantai dan ubin dinding. *Rubber mold pressing* digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatis dalam ruang. *Extrusion molding* merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati, contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan kekuatan kepada barang-barang

mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kasukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak.

Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain dianginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, 1997). Pada pembuatan keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *Sinering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *Pressure sintering* dengan materi dasar Si_3N_4 memerlukan suhu $1700\text{ }^\circ\text{C} - 1800\text{ }^\circ\text{C}$ dengan tekanan $200 - 500\text{ Kg/cm}^2$. *Reaction sintering* dengan bahan dasar SiO_2 dibakar pada suhu $1350\text{ }^\circ\text{C} - 1600\text{ }^\circ\text{C}$. *Chemical vapor deposition* (CVD) dengan bahan dasar SiH_4 dan NH_3 dipanaskan pada suhu $800\text{ }^\circ\text{C} - 1400\text{ }^\circ\text{C}$. Selain itu masih ada metode-metode lain seperti *Hot Isolatic Press* (HIP), *atmospheric pressure sintering*, *Ultra high pressuresintering*, *Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, 1987). Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air

pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorpsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, 1992).

Tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Tahap penghilangan uap

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500 °C. Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organik bahan. Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300 °C – 400 °C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

2) Tahap penggelasan

Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573 °C. Pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silika. Pada proses pendinginan suhu 573 °C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kwarsa*. Setelah suhu mencapai 600 °C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900 °C - 1200 °C.

3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

2.5. Membran Keramik

Membran Keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah lindi dari tempat pembuangan akhir Piyungan) dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Dengan bantuan pompa, diberikan tekanan keatas sehingga diharapkan air dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang dapat menurunkan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di dalam limbah cair lindi.

Mekanisme proses yang terjadi pada teknologi membran keramik ini adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang terpenting adalah antara lain :

- b. Proses penyaringan (*Filtrasi*).
- c. Proses sedimentasi.

- d. Proses adsorpsi.
- e. Aktifitas kimia.

2.5.1. Proses penyaringan (*Filtrasi*)

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Tujuannya guna mendapatkan air bersih dalam pengolahan air minum atau dalam pengolahan air buangan. Di samping mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Ali Masduqi, 2002).

Pada filtrasi terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

1. Transportasi : meliputi proses gerak brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
2. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, adsorpsi (fisik - kimia), biologis.
3. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

2.5.2. Proses sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel (*suspended solid*) dari air yang dapat mengendap secara gravitasi. Sedimentasi (pengendapan) adalah proses yang paling umum dilakukan untuk memisahkan padatan terendapkan dari

limbah. Proses pengendapan yang terjadi pada membran keramik tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, yaitu endapan akan terbentuk pada dasar permukaan media.

Pada pengolahan air limbah, sedimentasi umumnya digunakan untuk :

1. Pemisahan grit, pasir, atau *slit* (lanau).
2. Penyisihan padatan tersuspensi pada clarifier pertama.
3. Penyisihan flok/ Lumpur biologis hasil proses *activated sludge* pada clarifier akhir.
4. Penyisihan humus pada clarifier akhir setelah *trickling filter* (Masduqi, 2002).

2.5.3. Proses adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terjadi atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (disebut adsorben) dengan zat pencemar (disebut adsorbat), baik pada fase cair maupun gas. Karena adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik (Sawyer et al, 1994).

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap.

Adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan media lain, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media lain yang bersih

mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya *van der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Molekul yang teradsorpsi bebas bergerak disekitar permukaan adsorben dan tidak hanya menetap di satu titik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi fisik ini biasanya berlangsung dapat balik. Pada umumnya, ion dengan muatan yang lebih besar, seperti ion valensi tinggi, akan tertarik lebih kuat menuju tempat yang bermuatan berlawanan daripada molekul-molekul yang bermuatan lebih kecil, seperti ion monovalen. Ion yang berukuran lebih kecil juga mempunyai tarikan yang lebih besar. Pertukaran ion termasuk dalam kelompok ini.
- b. Adsorpsi kimia, merupakan hasil dari gaya yang lebih besar dibandingkan dengan pembentukam senyawa kimia. Secara normal bahan yang teradsorpsi membentuk lapisan diatas permukaan berupa molekul-molekul yang tidak bebas bergerak dari permukaan satu ke permukaan lainnya. Jika permukaan tertutup oleh lapisan monomolekuler, kapasitas adsorben akan habis. Reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik, sehingga adsorpsi kimia jarang yang bersifat dapat balik.

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu :

1. Mempunyai luas permukaan yang besar
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya : bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu :

1. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsi. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari

0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglus, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi, waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben.

2.5.4. Aktifitas kimia

Pada membran keramik beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen. Reaksi kimia yang terjadi hanya sedikit memberikan pengaruh dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan reaksi kimia yang berperan adalah reaksi oksidasi oleh oksigen terlarut yang ada di dalam air. Proses oksidasi dapat terjadi baik pada zat organik maupun pada zat anorganik.

2.6. Hipotesa

Berdasarkan tujuan dan tinjauan pustaka dari penelitian ini, bahwa penggunaan teknologi membran keramik :

1. Dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam limbah cair lindi pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.
2. Dapat menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam limbah cair lindi pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Proses penelitian dari membran keramik ini adalah limbah cair lindi dari tempat penampungan (inlet) akan mengalir melalui pipa secara kontinyu menuju membran keramik (gerabah), dengan bantuan pompa. Lindi yang mengalir ke dalam membran keramik tersebut akan merembes melewati pori-pori dinding keramik, yang kemudian ditampung didalam penampungan yang berupa corong. Lindi yang ditampung didalam corong dialirkan ke pipa outlet untuk kemudian dilakukan uji laboratorium.

Penelitian ini merupakan gabungan dari proses sedimentasi, filtrasi dan adsorpsi, yang bertujuan untuk menurunkan kandungan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) didalam limbah cair lindi.

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dalam skala laboratorium, yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap besi (Fe) dan *Chemical Oksigen Demand* (COD) dari limbah cair lindi pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan dengan menggunakan membran keramik.

3.3. Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian yang akan dilakukan yaitu limbah cair lindi sampah domestik yang diambil dari Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Piyungan, Yogyakarta.

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa lokasi yaitu :

- a. Lokasi pengambilan sampel limbah cair lindi bertempat di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan, Yogyakarta. Dengan titik pengambilan sampel adalah pada kolam pengolahan terakhir unit pengolahan limbah cair lindi di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan, Yogyakarta.
- b. Lokasi tempat pengambilan serbuk gergaji adalah pada pabrik penggergajian kayu yang berlokasi di jalan Kaliurang Km. 14 Yogyakarta.
- c. Lokasi pembuatan membran keramik dilakukan di Balai Kesenian, Kasongan, Yogyakarta
- d. Lokasi *running* membran keramik dan tempat analisa sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.5. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni – September 2006, dengan rincian sebagai berikut :

- Pembuatan keramik sampai dengan penyusunan alat dilakukan pada minggu ketiga bulan Juli.
- Pengambilan sampel, *running* reaktor membran keramik dan uji analisis laboratorium dilakukan sepanjang bulan Agustus.
- Pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan laporan tugas akhir pada awal bulan bulan September.

3.6. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

- Tinggi membran 12,5 cm
- Diameter bagian atas keramik 2,5 cm
- Diameter bagian bawah keramik 9 cm
- Variasi waktu pengambilan sampel yaitu setiap 60 menit selama 360 menit.

2. variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah besi (Fe) dan *Chemical Oksigen Demand* (COD).

3.7. Parameter Penelitian

Tabel 3.1 Parameter Penelitian

No.	Parameter	Metode Pengujian
1.	Besi (Fe)	Cara uji besi (Fe) secara spektrofotometri, menggunakan SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D
2.	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri menggunakan SNI 06-6989.2-2004

3.8. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan serbuk gergaji, pembuatan membran keramik, pembuatan rangkaian reaktor membran keramik, pengambilan limbah cair lindi di TPA Piyungan serta proses *running* reaktor. Pelaksanaan penelitian secara lengkap akan diuraikan seperti dibawah ini :

3.8.1. Persiapan Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji diambil dari sisa penggergajian dengan menggunakan mesin listrik. Ukuran dari serbuk gergaji yang akan digunakan adalah sekitar ± 50 mesh, atau setelah mengalami penyaringan. Serbuk gergaji yang digunakan berasal dari kayu sengon. Penggunaan serbuk gergaji ini bertujuan untuk membentuk pori pada reaktor membran keramik dengan variasi komposisi serbuk gergaji yaitu 5%, 7.5%, dan 10%.

3.8.2. Pembuatan Membran Keramik

Membran keramik yang akan digunakan dalam penelitian ini terbuat dari komposisi antara lain :

1. Tanah lempung
2. Pasir kuarsa

Komposisi pasir kuarsa adalah 10 % dari berat tanah lempung, untuk setiap 5 kg tanah lempung.

3. Serbuk gergaji

Komposisi serbuk gergaji ada tiga variasi yaitu 5%, 7.5%, dan 10%.

Dimensi membran dari membran keramik adalah :

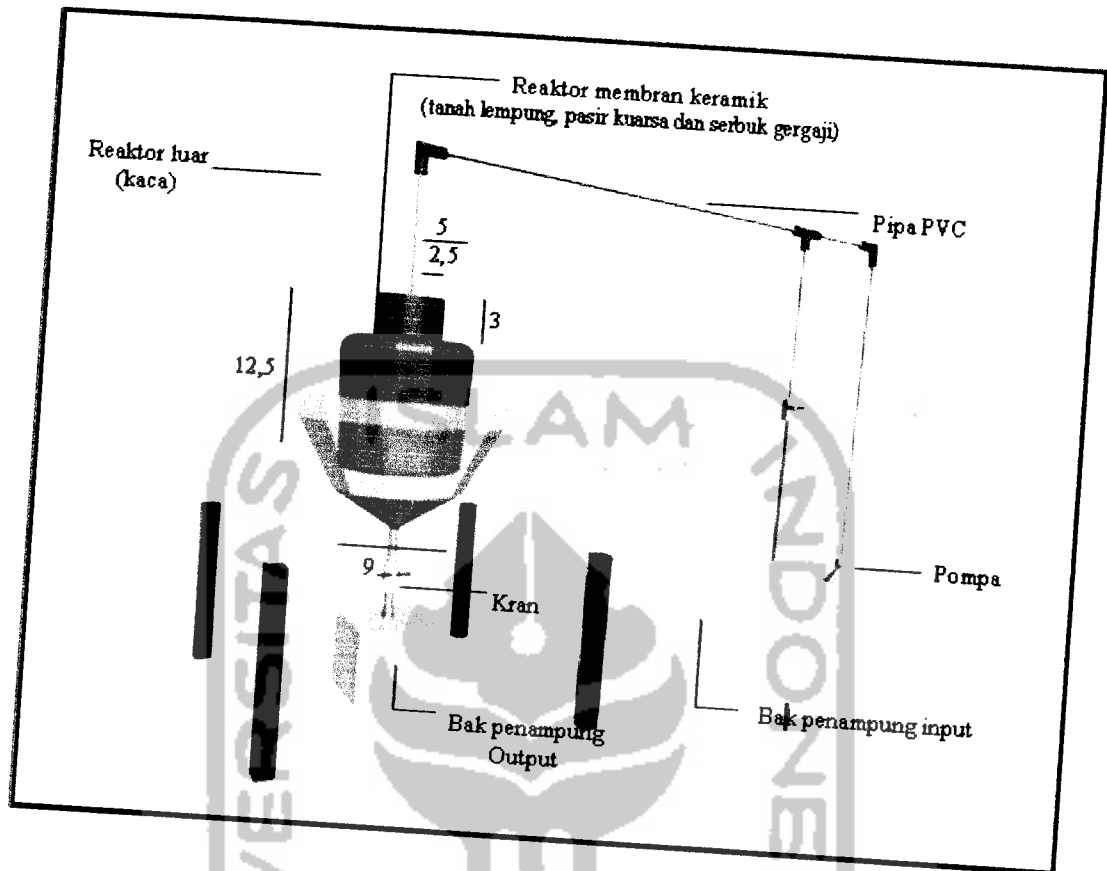
- Tinggi membran 12,5 cm
- Diameter bagian atas keramik 2,5 cm
- Diameter bagian bawah keramik 9 cm

3.8.3. Pembuatan Rangkaian Reaktor Membran Keramik

Membran keramik yang sudah ada dirangkai dengan perlengkapan lain untuk membuat reaktor membran keramik, antara lain :

- Bak penampungan inlet
- Pompa
- Pipa aliran lindi
- Kotak kaca
- Aliran outlet

Desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Reaktor membran keramik

3.8.4. Pengambilan Limbah Cair Lindi

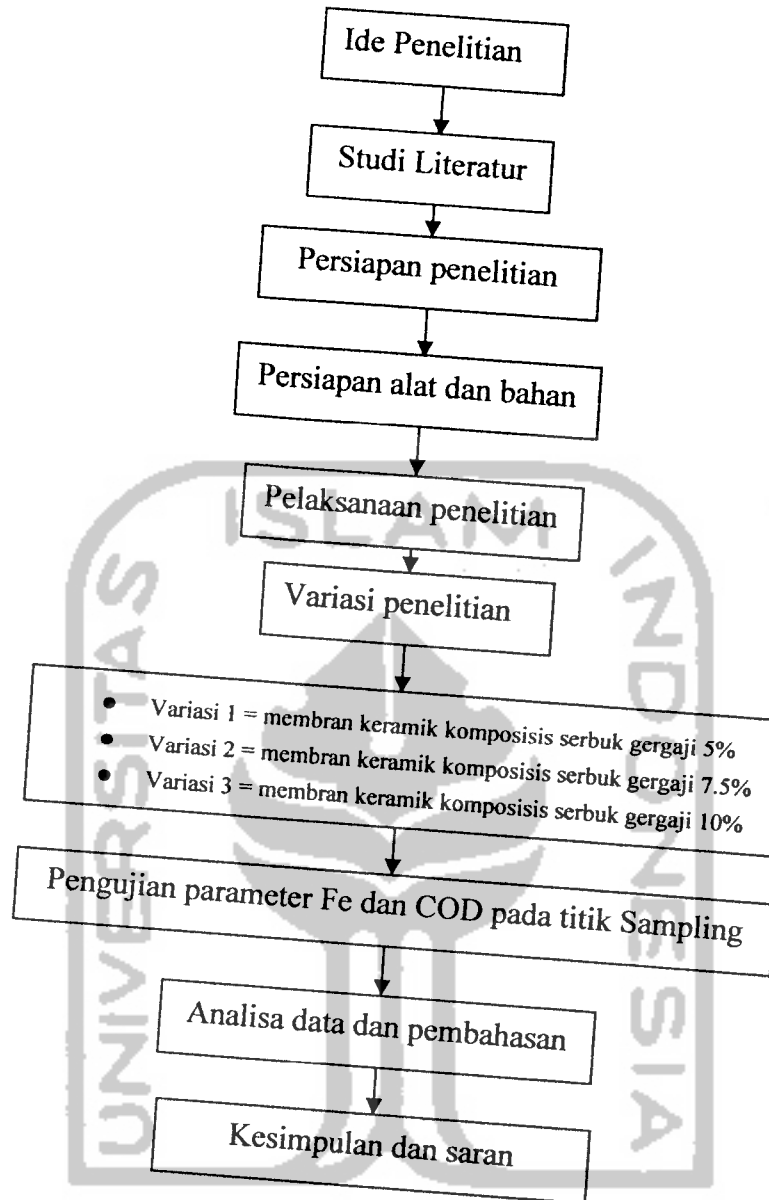
Limbah cair lindi sampah domestik yang akan dipergukan sebagai objek penelitian berasal dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Yogyakarta. Pengambilan lindi adalah dengan titik sampel pada kolam terakhir unit pengolahan lindi di TPA Piyungan, dan pewardahan lindi menggunakan jerigen plastik sebanyak 40 liter.

3.8.5. Proses *Running* Reaktor Membran Keramik

Proses *Running* reaktor membran keramik dilakukan sesegera mungkin setelah lindi diambil dari TPA Piyungan, Yogyakarta. Limbah cair lindi yang digunakan sebelumnya telah dilakukan pengenceran sebanyak tiga kali, untuk mengurangi mengurangi resiko penyumbatan (*clogging*) pada reaktor membran keramik. Proses *Running* reaktor membran keramik berjalan selama 360 menit dengan pengambilan inlet dilakukan pada inlet awal dan inlet akhir penelitian. Dan pengambilan outlet dilakukan setiap 60 menit. Kemudian inlet dan outlet yang diambil dari proses *Running* reaktor membran keramik dilakukan uji laboratorium.

3.9. Kerangka Penelitian Tugas Akhir

Tahapan penelitian “Efektifitas Teknologi Membran Keramik Terhadap Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) Dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Jogjakarta” dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.10. Analisa Laboratorium

Effluent hasil penelitian dilakukan uji analisa di Laboratorium Kualitas Air jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Tahap-tahap dalam analisa laboratorium, yaitu :

- a. Pengambilan dan pengujian sampel awal.
- b. Waktu pengambilan sampel adalah dilakukan setiap jam selama 6 jam proses penelitian, yang dilakukan dalam waktu 3 hari. Sampel tersebut dilakukan pengawetan menggunakan H₂SO₄ pekat sampai dengan nilai pH = 2.
- c. Pengambilan sampel yaitu pada inlet dan outlet.
- d. Tiap sampel dilakukan dua kali pengujian (duplo).

3.11. Analisa Data

Data hasil percobaan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui efisiensi dari reaktor membran keramik terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah cair lindi digunakan rumus *Overall Efficiency* (Metcalf & Eddy, 1991) :

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \%$$

Dimana ; η = Overall Efficiency (%)
 C_o = Konsentrasi Awal (mg/l)
 C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan software statistik, yaitu *Analysis Of Varietas* (ANOVA) satu jalur. ANOVA digunakan dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan

yang signifikan antara konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada inlet dan outlet terhadap percobaan yang dilakukan.

Pada uji analisa ANOVA, pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh, yaitu :

- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak, artinya adalah ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet pada penelitian yang dilakukan.
- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima, artinya adalah tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet pada penelitian yang dilakukan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari data hasil pemeriksaan oleh Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, 12 Desember 2005 (pada Tabel 1.1) diketahui kandungan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) didalam air limbah lindi sebelum masuk ke kolam pengolahan memiliki nilai konsentrasi melebihi ambang batas yang ditetapkan sebagaikadar maksimal yang diperbolehkan bagi limbah cair lindi, sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum air limbah dibuang ke lingkungan. Hal ini diharapkan agar limbah cair lindi tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, antara lain penurunan kualitas air tanah disekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan.

Dalam penelitian menggunakan reaktor membran keramik ini, peneliti mencoba untuk mengolah dan memeriksa air limbah lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan sehingga diharapkan air hasil pengolahan dapat memenuhi standar kualitas bagi air limbah lindi. Untuk penelitian menggunakan reaktor membran keramik ini digunakan air limbah lindi yang diambil dari kolam pengolahan terakhir yang ada di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, dengan nilai konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) masih melebihi kadar maksimal yang diperbolehkan bagi air limbah lindi.



4.1. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian pengolahan limbah lindi sampah domestik dengan menggunakan teknologi membran keramik, yaitu dengan parameter besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) ditampilkan berikut ini.

4.1.1. Konsentrasi Besi (Fe)

Pada pelaksanaannya percobaan dilakukan sebanyak tiga kali. Hal tersebut dikarenakan adanya variasi komposisi dari serbuk gergaji pada membran keramik, yaitu 5%, 7.5%, dan 10%.

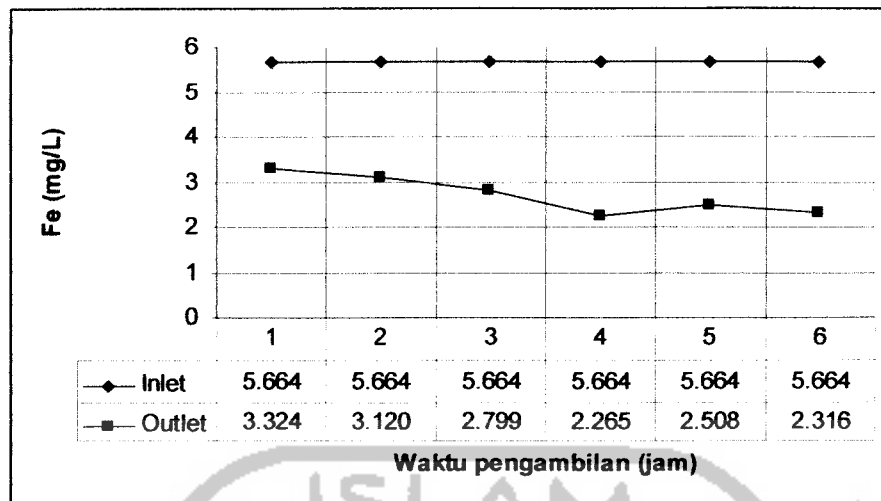
Hasil penelitian yang menunjukkan efisiensi dari membran keramik terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3 dengan grafik hubungan antara konsentrasi besi (Fe) pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil penelitian Fe dengan membran keramik 5%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	5.664	3.324	41.31
120	5.664	3.120	44.92
180	5.664	2.799	50.58
240	5.664	2.265	60.01
300	5.664	2.508	55.72
360	5.664	2.316	59.11
Rata-rata	5.664	2.722	51.94

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UIN

Hasil penelitian dengan membran keramik 5% dalam bentuk grafik akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 5%

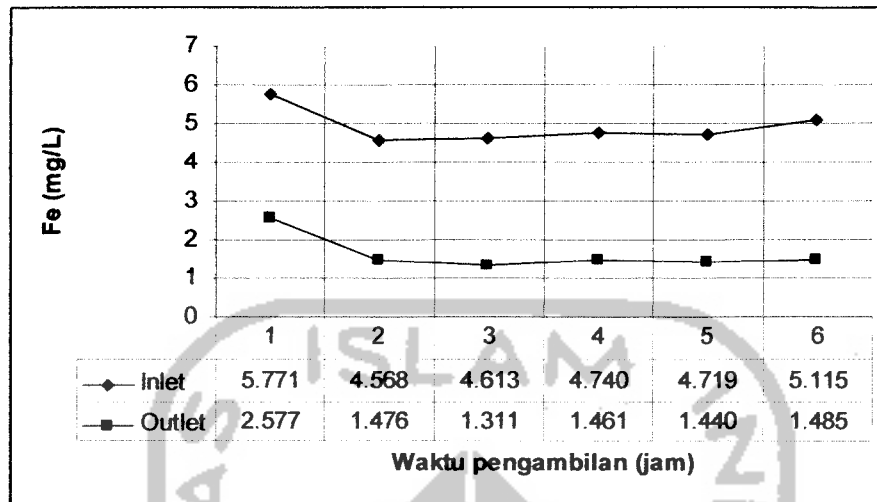
Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi besi (Fe) pada outlet. Terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) mulai dari menit ke-60 sampai pada menit ke-240. Pada menit ke-300 terjadi kenaikan konsentrasi besi (Fe), dan terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) lagi pada menit ke-360.

Tabel 4.2 Hasil penelitian Fe dengan membran keramik 7.5%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	5.771	2.577	55.35
120	4.568	1.476	67.69
180	4.613	1.311	71.58
240	4.740	1.461	69.18
300	4.719	1.440	69.49
360	5.115	1.485	70.97
Rata-rata	4.921	1.625	67.37

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UII

Hasil penelitian dari membran keramik 7.5% disajikan dalam bentuk grafik pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.2 Konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 7.5%

Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi besi (Fe) baik pada inlet maupun pada outlet. Pada inlet, terjadi penurunan nilai konsentrasi besi (Fe) pada menit ke-120 dan pada menit ke-180 sampai pada menit ke-360 konsentrasi besi (Fe) terus mengalami kenaikan.

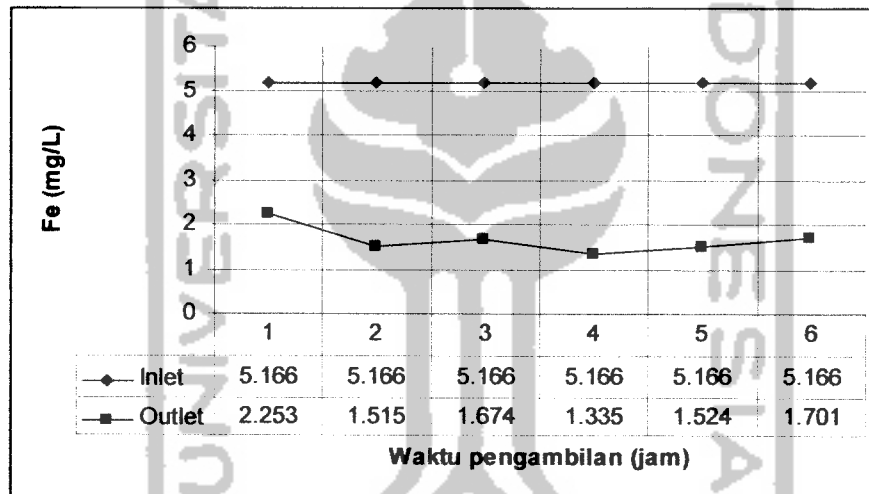
Pada outlet terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) mulai dari menit ke-60 sampai pada menit ke-180. Pada menit ke-240 terjadi kenaikan konsentrasi besi (Fe). Pada menit ke-300 terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) lagi, dan menit ke-360 kembali mengalami kenaikan konsentrasi besi (Fe).

Tabel 4.3 Hasil penelitian Fe dengan membran keramik 10%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	5.166	2.253	56.39
120	5.166	1.515	70.67
180	5.166	1.674	67.60
240	5.166	1.335	74.16
300	5.166	1.524	70.50
360	5.166	1.701	67.07
Rata-rata	5.166	1.667	67.73

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UII

Hasil penelitian dari membran keramik 10% pada Tabel 4.3 diatas akan disajikan dalam bentuk grafik pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Konsentrasi Fe pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 10%

Pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi besi (Fe) pada outlet. Terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) mulai dari menit ke-60 sampai pada menit ke-240, dan pada menit ke-300 sampai pada menit ke-360 terjadi kenaikan konsentrasi besi (Fe).

4.1.2. Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pada pelaksanaannya percobaan dilakukan sebanyak tiga kali. Hal tersebut dikarenakan adanya variasi komposisi dari serbuk gergaji pada membran keramik, yaitu 5%, 7.5%, dan 10%.

Hasil penelitian yang menunjukkan efisiensi dari membran keramik terhadap penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilihat pada Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.6 dengan grafik hubungan antara konsentrasi besi (Fe) pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai dengan Gambar 4.6 dibawah ini :

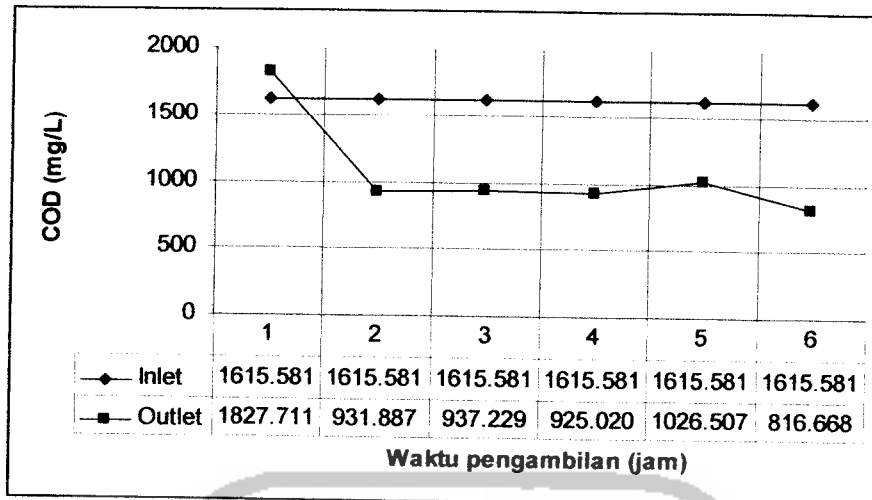
Tabel 4.4 Hasil percobaan COD dengan membran keramik 5%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	1615.581	1827.711	-13.13
120	1615.581	931.887	42.32
180	1615.581	937.229	41.99
240	1615.581	925.020	42.74
300	1615.581	1026.507	36.46
360	1615.581	816.668	49.45
Rata-rata	1615.581	1077.504	42.59*

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UII

* Nilai rata-rata diperoleh dari % removal yang bernilai positif

Hasil penelitian dengan membran keramik 5% dalam bentuk grafik akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.4 Konsentrasi COD pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 5%

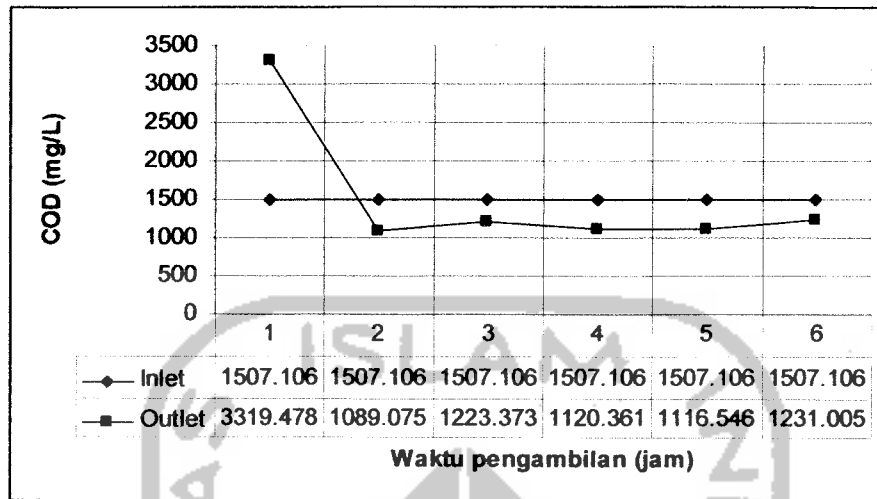
Pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD pada outlet. Pada menit ke-60 nilai COD pada outlet yang dihasilkan sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dari nilai COD pada inlet. Pada menit ke-120 sampai pada menit ke-180 terjadi penurunan konsentrasi COD. Pada menit ke-240 konsentrasi COD naik, dan turun kembali pada menit ke-300. Pada menit ke-360 terjadi kenaikan konsentrasi COD lagi.

Tabel 4.5 Hasil percobaan COD dengan membran keramik 7.5%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	1507.106	3319.478	-120.26
120	1507.106	1089.075	27.74
180	1507.106	1223.373	18.83
240	1507.106	1120.361	25.66
300	1507.106	1116.546	25.91
360	1507.106	1231.005	18.32
Rata-rata	1507.106	1516.640	23.29*

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UII
 * Nilai rata-rata diperoleh dari % removal yang bernilai positif

Hasil penelitian dari membran keramik 7.5% disajikan dalam bentuk grafik pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.5 Konsentrasi COD pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 7.5%

Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.5 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD outlet. Pada menit ke-60 nilai COD pada outlet yang dihasilkan sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dari nilai COD pada inlet. Pada menit ke-120 terjadi penurunan konsentrasi COD. Pada menit ke-180 konsentrasi COD naik. Pada menit ke-240 sampai pada menit ke-300 konsentrasi COD turun, dan terjadi kenaikan kembali pada menit ke-360.

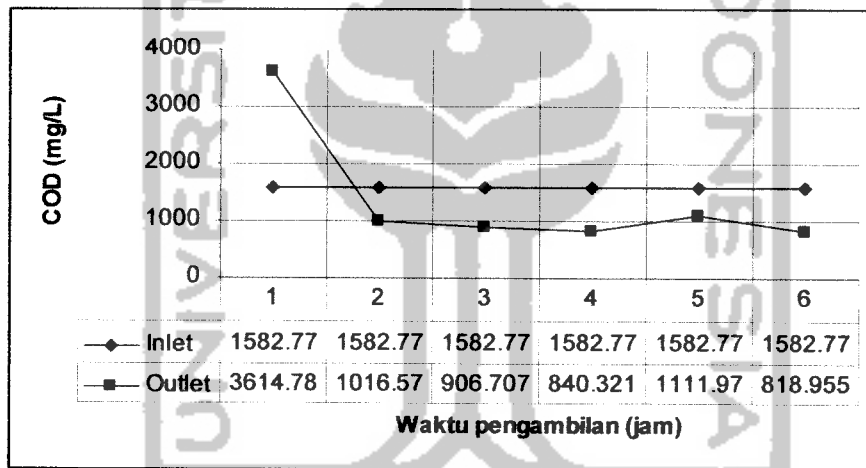
Tabel 4.6 Hasil percobaan COD dengan membran keramik 10%

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Removal
60	1582.772	3614.778	-128.38
120	1582.772	1016.568	35.77
180	1582.772	906.707	42.71
240	1582.772	840.321	46.91
300	1582.772	1111.968	29.75
360	1582.772	818.955	48.26
Rata-rata	1582.772	1384.883	23.32*

Sumber: Hasil analisa laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan UII

* Nilai rata-rata diperoleh dari % removal yang bernilai positif

Hasil penelitian dari membran keramik 10% pada Tabel 4.6 diatas akan disajikan dalam bentuk grafik pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Konsentrasi COD pada inlet dan outlet dalam tiap jam pengambilan sampel pada membran keramik 10%

Pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.6 diatas dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD pada outlet. Pada menit ke-60 nilai COD pada outlet yang dihasilkan sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dari nilai COD pada inlet. Pada menit ke-120 sampai pada menit ke-240 terjadi penurunan konsentrasi COD.

Pada menit ke-300 konsentrasi COD naik, dan mengalami penurunan kembali pada menit ke-360.

4.2. Analisa Data Penelitian

Pengolahan untuk data lebih dari dua sampel sebaiknya menggunakan Uji ANOVA dengan asumsi populasi-populasi yang akan diuji berdistribusi normal, varians dari populasi-populasi tersebut adalah sama, serta sampel tidak berhubungan satu dengan yang lain. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata nilai dari semua variasi memiliki perbedaan yang signifikan antara konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada inlet dengan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada outlet.

Analisis ini merupakan pendekatan yang memungkinkan digunakannya data sampel untuk menguji apakah nilai dari dua atau lebih rerata populasi yang tidak diketahui adalah sama (Damanhuri, 2001).

Pada analisa *Analysis Of Varietas* (ANOVA) ini diketahui :

- Probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak

Artinya adalah ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet pada penelitian yang dilakukan.

- Probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima

Artinya adalah tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet pada penelitian yang dilakukan.

4.2.1. Analisa Data Besi (Fe)

Ringkasan statistik dari uji metode *Analysis Of Varietas* (ANOVA) terhadap data nilai besi (Fe) pada membran keramik 5%, 7.5%, dan 10% dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.7 *Descriptive* untuk nilai besi (Fe)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
inlet 5%	6	5.66400	.000000	.000000	5.66400	5.66400	5.664	5.664
Outlet 5%	6	2.72200	.435021	.177597	2.26547	3.17853	2.265	3.324
Inlet 7,5%	6	4.92100	.458950	.187365	4.43936	5.40264	4.568	5.771
Outlet 7,5%	6	1.62500	.470706	.192165	1.13102	2.11898	1.311	2.577
Inlet 10 %	6	5.16600	.000000	.000000	5.16600	5.16600	5.166	5.166
Outlet 10 %	6	1.66700	.315714	.128890	1.33568	1.99832	1.335	2.253
Total	36	3.62750	1.730164	.288361	3.04210	4.21290	1.311	5.771

Test of Homogeneity dilakukan untuk menguji berlaku atau tidaknya asumsi pada ANOVA, yaitu apakah keenam sampel mempunyai varians yang sama. Adapun hasil perhitungan probabilitas dengan tes homogenitas varians dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.8 Homogenitas variansi untuk nilai besi (Fe)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.091	5	30	.006

Hipotesis :

H_0 : Keenam varians populasinya identik

H_1 : Keenam varians populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa *Levene Test* hitung adalah 4.091, dengan nilai probabilitas 0.006. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak, atau keenam varians adalah tidak identik.

Setelah keenam varians telah terbukti tidak identik maka asumsi untuk ANOVA tidak berlaku (asumsi keenam sampel memiliki varians yang sama). Sedangkan untuk menguji apakah keenam sampel mempunyai rata-rata (Mean) yang sama, maka uji ANOVA (Analysis of Variance) dilakukan. Hasil analisis dengan menggunakan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 4.9 *Analysis of Variances* (ANOVA) untuk nilai besi (Fe)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	101.166	5	20.233	168.348	.000
Within Groups	3.606	30	.120		
Total	104.771	35			

Hipotesis :

$$H_0 : \text{Mean}_1 = \text{Mean}_2$$

$$H_1 : \text{Mean}_1 \neq \text{Mean}_2$$

Pengambilan keputusan :

- a) Berdasarkan Perbandingan F hitung dengan F Tabel :
- Jika F hitung $< F$ tabel, maka H_0 diterima
 - Jika F hitung $> F$ tabel, maka H_0 ditolak

b) Berdasarkan nilai probabilitas :

- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas maka dapat terlihat bahwa F hitung adalah 168.348 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau berarti ada perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata besi (Fe) pada inlet dengan nilai rata-rata besi (Fe) pada outlet.

4.2.2. Analisa Data *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Uji statistik metode *Analysis Of Varietas* (ANOVA) terhadap data nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada membran keramik 5%, 7.5%, dan 10% hanya dilakukan terhadap hasil yang memberikan nilai removal positif, dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.10 *Descriptive* untuk nilai COD

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
inlet 5%	5	1615.58100	.000000	.000000	1615.58100	1615.58100	1615.581	1615.581
outlet 5%	5	927.46220	74.508658	33.321285	834.94748	1019.97692	816.668	1026.507
inlet 7.5%	5	1507.10600	.000000	.000000	1507.10600	1507.10600	1507.106	1507.106
outlet 7.5%	5	1156.07200	66.088118	29.555505	1074.01276	1238.13124	1089.075	1231.005
inlet 10%	5	1582.77200	.000000	.000000	1582.77200	1582.77200	1582.772	1582.772
outlet 10%	5	938.90380	123.618225	55.283751	785.41150	1092.39610	818.955	1111.968
Total	30	1287.98283	302.754156	55.275093	1174.93257	1401.03309	816.668	1615.581

Test of Homogeneity dilakukan untuk menguji berlaku atau tidaknya asumsi pada ANOVA, yaitu apakah keenam sampel mempunyai varians yang sama. Adapun hasil perhitungan probabilitas dengan tes homogenitas varians dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4.11 Homogenitas variansi untuk nilai COD

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.490	5	24	.000

Hipotesis :

H_0 : Keenam varians populasinya identik

H_1 : Keenam varians populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas $> 0,05$,maka H_0 diterima

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa *Levene Test* hitung adalah 4.156, dengan nilai probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak, atau keenam varians adalah tidak identik.

Setelah kelima varians telah terbukti tidak identik maka asumsi untuk ANOVA tidak berlaku (asumsi keenam sampel memiliki varians yang sama). Sedangkan untuk menguji apakah keenam sampel mempunyai rata-rata (Mean) yang sama, maka uji ANOVA (Analysis of Variance) dilakukan. Hasil analisis dengan menggunakan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.12 dibawah ini :

Tabel 4.12 *Analysis of Variances* (ANOVA) untuk nilai COD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2557339.701	5	511467.940	121.775	.000
Within Groups	100802.580	24	4200.108		
Total	2658142.282	29			

Hipotesis :

$$H_0 : \text{Mean}_1 = \text{Mean}_2$$

$$H_1 : \text{Mean}_1 \neq \text{Mean}_2$$

Pengambilan keputusan :

c) Berdasarkan Perbandingan F hitung dengan F Tabel :

- Jika F hitung < F tabel, maka H_0 diterima
- Jika F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak

d) Berdasarkan nilai probabilitas :

- Jika probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas > 0,05, maka H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 4.12 diatas maka dapat terlihat bahwa F hitung adalah 121.775 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak atau berarti ada perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada inlet dengan nilai rata-rata *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada outlet.

4.3. Analisa Porositas Membran Keramik

Uji porositas membran keramik yang dilakukan di laboratorium Badan Teknologi Atom Nuklir (BATAN) diperoleh hasil pada Tabel 4.13 berikut :

Tabel 4.13 Hasil uji porositas dan diameter pori membran keramik

Membran keramik	R (angstrom)	Diameter pori (meter)	Diameter pori (mikron)
Variasi 5 %	17.520775	3.50416×10^{-9}	35.0416×10^{-4}
Variasi 7.5 %	17.201323	3.44026×10^{-9}	34.4026×10^{-4}
Variasi 10 %	16.945902	3.38918×10^{-9}	33.8918×10^{-4}

4.4. Pembahasan

Dari penelitian yang dilakukan untuk menguji efektifitas teknologi membran keramik dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, dengan sistem mengalirkan air limbah yang bertekanan dengan titik pengambilan sampel yaitu pada inlet dan outlet. Sehingga diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 4.1, sampai dengan Tabel 4.6. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit pada reaktor membran keramik sebanyak tiga kali, menurut variasi komposisi dari serbuk gergaji pada membran keramik tersebut, yaitu 5%, 7.5%, dan 10%.

Konsentrasi serbuk gergaji sebesar 10% yang digunakan pada pembuatan membran keramik merupakan konsentrasi maksimal yang dapat digunakan, dimana plastisitas tanah masih dapat dipergunakan untuk membentuk keramik.

Pada pelaksanaannya, limbah lindi dari sampah domestik Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan dilakukan pengenceran sebanyak tiga kali. Hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko penyumbatan (*clogging*) pada reaktor membran keramik yang disebabkan oleh limbah lindi yang terlalu pekat.

Untuk selanjutnya akan dibahas mengenai kenaikan dan penurunan konsentrasi masing-masing parameter yaitu sebagai berikut :

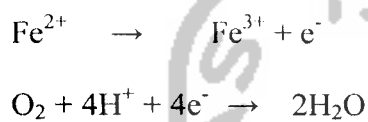
4.4.1. Penurunan Konsentrasi Besi (Fe)

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk data seperti yang terdapat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3 dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi besi (Fe).

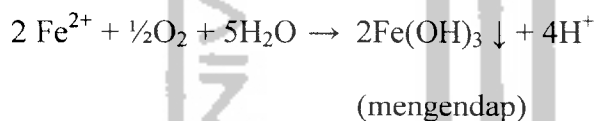
Dari rata-rata data hasil penelitian terjadi penurunan konsentrasi besi (Fe) yaitu 51.94% pada reaktor membran keramik 5% dengan konsentrasi awal (inlet) 5.664 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 2.722 mg/L, 67.37% pada reaktor membran keramik 7.5% dengan konsentrasi awal (inlet) 4.921 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 1.625 mg/L, dan 67.73% pada reaktor membran keramik 10% dengan konsentrasi awal (inlet) 5.166 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 1.667 mg/L.

Hasil yang diperoleh dari penelitian, selanjutnya dilakukan uji data statistik menggunakan uji *Analysis Of Varietas* (ANOVA) satu jalur, dimana menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi rata-rata besi (Fe) adalah terjadi perbedaan yang signifikan antara inlet dan outlet Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian yang dilakukan memiliki nilai removal yang tinggi.

Pemeriksaan pada reaktor membran keramik dilakukan terhadap besi (Fe) total. Hal ini dikarenakan didalam air, besi (Fe) berada dalam bentuk Fe^{2+} berupa senyawa yang larut dan tidak berwarna, dan besi (Fe) berada dalam bentuk ion Fe^{3+} yang berupa partikel dan tidak larut dalam air. Senyawa-senyawa inilah yang menimbulkan bau tidak sedap dan air menjadi berwarna coklat. Reaksi oksidasi ion ferro (Fe^{2+}) dengan oksigen menjadi ion ferri (Fe^{3+}) ditunjukkan dalam persamaan berikut :



Didalam air partikel besi (Fe) juga akan dirubah menjadi $Fe(OH)_3$. $Fe(OH)_3$ terbentuk karena adanya oksigen terlarut yang mengubah Fe menjadi komponen yang tidak larut, dengan reaksi :



Penurunan konsentrasi besi (Fe) yang terjadi pada penelitian ini adalah karena adanya proses filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi besi (Fe). Proses filtrasi adalah terjadinya penyaringan besi (Fe) yang telah berada dalam bentuk endapan yaitu Fe^{3+} ataupun $Fe(OH)_3$ yang tidak larut didalam air.

Oksigen terlarut yang merupakan sebagai oksidator utama dalam mengoksidasi besi (Fe) menjadi Fe^{3+} ataupun $Fe(OH)_3$ didapat dari adanya udara yang masuk pada bak penampungan inlet. Hal ini terjadi karena adanya proses

aerasi yang secara tidak sengaja dari selang aliran air yang berfungsi untuk mencegah terjadinya aliran balik pada reaktor. Adanya proses aerasi inilah yang menyebabkan berubah-ubahnya nilai besi (Fe) pada inlet, seperti yang terdapat pada Tabel 4.2, hasil percobaan dengan membran keramik 7.5%.

Penurunan konsentrasi besi (Fe) yang terjadi sebagian besar disebabkan adanya proses adsorpsi oleh membran keramik. Membran keramik memiliki ruang pori yang sangat banyak yang nantinya akan menyerap Fe^{3+} dan menahannya, sehingga partikel besi akan melekat pada dinding pori membran keramik. Semakin banyak pori-pori yang ada didalam membran keramik maka luas permukaannya akan menjadi semakin besar, sehingga membran keramik akan semakin efektif untuk mengadsorpsi Fe^{3+} .

Diketahui bahwa ukuran dari partikel Fe adalah 1.48×10^{-4} mikron. Dan hasil uji porositas serta perhitungan diameter pori-pori dari Tabel 4.13, diperoleh diameter pori pada membran keramik 5 % adalah 35.0416×10^{-4} mikron, membran keramik 7.5 % adalah 34.4026×10^{-4} mikron, dan membran keramik 10% adalah 33.8918×10^{-4} mikron. Jika dibandingkan antara ukuran partikel Fe dengan diameter pori-pori membran keramik yang diperoleh, maka kecilnya ukuran partikel Fe menyebabkan partikel Fe dapat lolos dari proses filtrasi membran keramik. Hal inilah yang menjadikan proses removal besi (Fe) tidak bisa terjadi secara maksimal, yaitu sampai dengan 100%.

Pada penelitian ini, diketahui bahwa nilai efisiensi dari membran keramik yang paling baik dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) pada limbah cair lindi adalah membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 10%, dengan

konsentrasi besi (Fe) yang dihasilkan telah memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991. Hal ini dikarenakan pada reaktor membran keramik 10% tersebut memiliki pori-pori yang lebih banyak dan diameter pori yang lebih kecil daripada reaktor membran keramik 7.5% dan 5%. Sehingga membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 10% luas permukaan menjadi semakin luas.

Pada akhirnya pori-pori yang terdapat pada membran keramik akan terisi penuh oleh partikel-partikel yang diserap, sehingga terciptalah kondisi jenuh. Namun pada penelitian ini, tidak dijumpai adanya kondisi jenuh. Hal ini dikarenakan pada saat pengaliran air limbah melalui reaktor membran keramik (*running*) sampai pada menit ke-360, reaktor masih dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dengan baik. Sehingga pada penelitian terhadap membran keramik dengan variasi waktu sampai 360 menit ini belum ditemukan waktu yang optimum.

4.4.2. Penurunan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.6, menunjukkan bahwa penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada setiap penelitian memberi hasil yang berbeda-beda, berdasarkan variasi reaktor dan waktu pengambilan sampel.

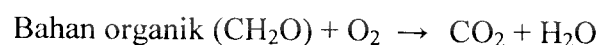
Dari rata-rata data hasil penelitian terjadi penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu 42.59% pada reaktor membran keramik 5% dengan konsentrasi awal (inlet) 1615.581 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 1077.504

mg/L, 23.29% pada reaktor membran keramik 7.5% dengan konsentrasi awal (inlet) 1507.11 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 1516.64 mg/L, dan 23.32% pada reaktor membran keramik 10% dengan konsentrasi awal (inlet) 1582.77 mg/L dan konsentrasi akhir (outlet) 1384.88 mg/L.

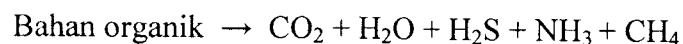
Penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada membran keramik disebabkan oleh adanya proses filtrasi dan pengendapan terhadap limbah cair lindi. Proses filtrasi terjadi karena adanya endapan dari zat suspensi organik dan partikel-partikel pencemar lainnya pada membran keramik. COD soluble yang meliputi endapan *Total Suspended Solid* (TSS) dan partikel koloid akan melekat pada membran keramik. Karena beban pencemar berkurang, maka kebutuhan akan oksigen terlarut untuk mengoksidasi zat organik didalam air limbah lindi juga berkurang.

Pada kondisi air limbah dengan jumlah oksigen yang cukup, maka proses penguraian bahan organik akan berjalan secara aerobik. Namun apabila suplai oksigen tidak sesuai (kurang) dengan yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik maka akan terjadi penguraian anaerobik.

Mekanisme penguraian zat organik pada kondisi aerobik didalam air limbah lindi yang terjadi adalah :



Dan mekanisme penguraian zat organik pada kondisi anaerobik adalah :

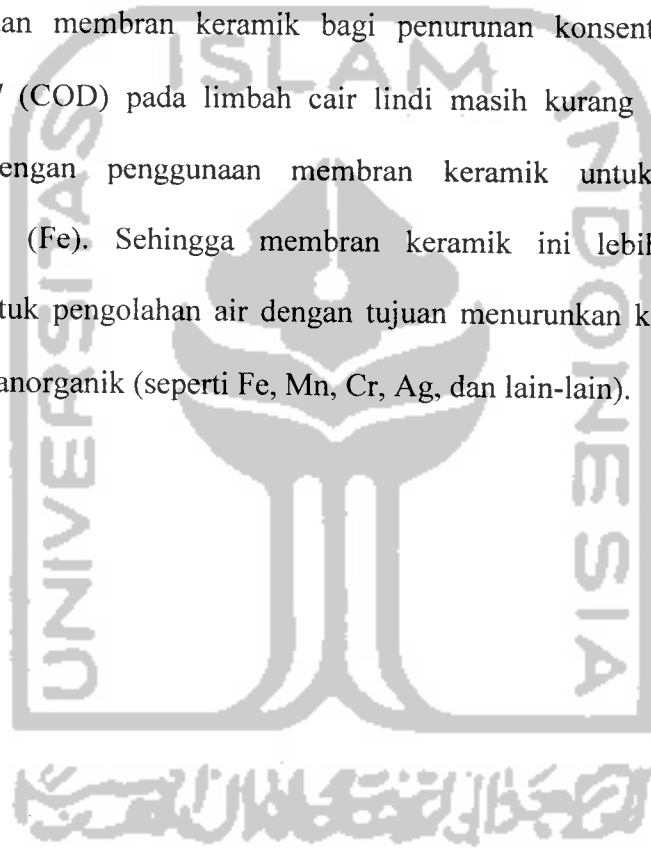


Penelitian ini memberikan hasil adanya nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi pada outlet reaktor membran keramik di setiap menit ke-60. Nilai tersebut lebih tinggi dari pada nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada inlet reaktor membran keramik. Tingginya nilai outlet pada setiap menit ke-60 disebabkan karena zat organik yang terdapat pada tanah lempung, dan atau material lain sebagai bahan pembuat membran keramik ikut terbawa pada aliran outlet, sehingga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi zat organik tersebut. Hal ini terjadi karena membran keramik terlebih dahulu tidak dilakukan pembilasan dengan air bersih ataupun aquades untuk menghilangkan material organik dan anorganik yang terdapat didalam membran keramik tersebut, sehingga nantinya agar tidak mengganggu dalam proses penelitian.

Tabel hasil penelitian dan dari hasil analisa statistik dengan uji *Analysis Of Varietas* (ANOVA) satu jalur, menunjukkan bahwa efisiensi membran keramik dalam penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah lindi masih kurang baik, dimana terbukti dari kecilnya nilai rata-rata removal dan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata inlet dengan nilai rata-rata outlet pada konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD). Dan diketahui bahwa reaktor membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% memiliki nilai efisiensi yang paling tinggi dalam menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair lindi, walaupun belum dapat menurunkan sampai dengan memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991.

Pada penelitian yang dilakukan, tidak dijumpai adanya kondisi jenuh. Hal ini dapat terbukti pada saat *running* selama 360 menit, membran keramik masih dapat menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan baik, yaitu dengan kemampuan meremoval rata-rata yang paling baik adalah sebesar 42.59%. Sehingga pada penelitian terhadap penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) juga belum ditemukan waktu yang optimum.

Penggunaan membran keramik bagi penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair lindi masih kurang efektif apabila dibandingkan dengan penggunaan membran keramik untuk menurunkan konsentrasi besi (Fe). Sehingga membran keramik ini lebih efektif jika dipergunakan untuk pengolahan air dengan tujuan menurunkan konsentrasi dari parameter kimia anorganik (seperti Fe, Mn, Cr, Ag, dan lain-lain).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Reaktor membran keramik dengan variasi serbuk gergaji 10% memiliki efisiensi tertinggi dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe), dimana mampu menurunkan konsentrasi besi (Fe) sampai dengan 67.73% dari 5.166 mg/L menjadi 1.667 mg/L. Hasil tersebut telah memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991.
2. Reaktor membran keramik dengan variasi serbuk gergaji 5% memiliki efisiensi tertinggi dalam menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), dimana mampu menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) sampai dengan 42.59% dari 1615.581 mg/L menjadi 1077.504 mg/L.
3. Pada penelitian dengan menggunakan variasi waktu pengambilan sampel setiap 60 menit selama 360 menit ini diketahui membran keramik masih memiliki kemampuan meremoval parameter dengan baik sampai dengan menit ke-360, sehingga pada penelitian ini belum ditemukan waktu optimum dari reaktor membran keramik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan, dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk menggunakan variasi waktu yang lebih lama (lebih dari 360 menit) untuk mendapatkan waktu optimum dari reaktor membran keramik dalam menurunkan konsentrasi dari parameter yang diuji.
2. Sebelum penelitian terhadap membran keramik dilakukan, hendaknya membran keramik dilakukan pembilasan. Pembilasan tidak hanya menggunakan air bersih, tetapi sebaiknya dilakukan pembilasan menggunakan aquades.
3. Walaupun tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai parameter pada inlet awal dan inlet akhir, namun untuk penelitian selanjutnya sebaiknya selalu memeriksa nilai parameter pada inlet secara terus menerus sesuai dengan variasi waktu, karena ada kemungkinan nilai inlet yang berubah-ubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G, dan S, Santika, 1984, *Metodologi Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Ceramic Filter for Purifying Saline Water and Concentrating Heavy Metals in the Electroplating Wastewater for Material Reuse*, oleh Prof. Ir. Wahyono Hadi MSc., PhD. Diambil dari website www.google.com. Download 15 oktober 2006
- Chen Y. K, 1975., *Mechanism Of Leachate Formation In Sanitary Landfill*, Ann Arbor Science, Michigan.
- Damanhuri, E, 2001, *Statistika Lingkungan*, Institut Teknologi Bandung.
- Dan Pemanfaatan Serbuk Gergaji Dalam pengolahannya*, Diambil dari website www.google.com. Update 2002. Download 4 April 2006.
- Effendi, Hefni, 2003, *Telaah Kualitas Air*, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, Srikandi, 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Jenie, B, dan Rahayu, W, 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Yogyakarta
- Kristiatmono, S, A, C, 2003, *Penurunan Fe dan Mn dalam Air Dengan Bahan Kalium Permanganat (KmnO₄)*, STTL, Jogjakarta.
- Kurniawan, A, 2004, *Penurunan Kadar Phenol Dalam Leachate Dengan Menggunakan Tumbuhan Duckweed (Lemma minor)*, STTL, Jogjakarta.

- Mahida, U.N. 1984, *Pencemaran Air Dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Rajawali, Jakarta.
- Masduqi Ali dan Slamet Agus, 2002, *Satuan Operasi untuk Pengolahan Air*, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Maulana, T, 2004, *Pengaruh Pengolahan Sistem Konstruksi Media Wetland Terhadap Perbaikan Kadar NH_4 dan Fe pada Leachate TPA Piyungan*, STTL, Jogjakarta.
- McBean, A, E , Rovers, A, F, Farquhar, J, G, 1915, *Solid Waste Landfill Engineering and Design*, Prentice Hall, New Jersey.
- Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, Mc. Graw Hill, USA.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, Mc. Graw Hill, USA.
- Qasim, .R.S and Chiang, W, 1994, *Sanitary landfill leachate*, Lancaster Basel, Texas.
- Reynolds, Tom D, 1982, *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Brooks/ Cole Engineering Division, Monerey, California.
- Sastrawijaya, A, Tresna, 2000, *Pencemaran Lingkungan*, PT Asdi Mahasatya, Jakarta.
- Sawyer, Clair N., McCarty, Perry L. Dan Parkin, Gene F., 1994, *Chemistry for Environmental Engineering*, 4th edition, McGraw-Hill Inc. New York.
- Slamet, A. dan Masduqi, A., 2000, *Satuan Proses Modul Ajar*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, ITS, Surabaya.

- Slamet, J, S, 1994, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Soejoeti, Zanzawi, 1986, *Metode Statistik II*, Karunia, Jakarta.
- Soemirat, Juli, 2005, *Toksikologi Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengerloalan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta.
- Supardi, E, 2004, *Penurunan Fe dan Mn Pada Sumur Gali Dengan Kombinasi Aerasi dan Saringan Pasir Cepat*, STTL, Jogjakarta.
- Suyoto, 2004, *Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penurunan BOD dan Konsentrasi MLSS pada Pengolahan Limbah Cair Lindi TPA Piyungan Menggunakan Aerasi dan Filtrasi Pasir Cepat*, STTL, Jogjakarta.
- Tchobanoglous, 1993, *Integrated Solid Wastes Management, Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Tchobanoglous, George, 1991, *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reus*, third edition, Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Wardhana, W, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi, Yogyakarta.

Lampiran 1

LAMPIRAN
KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 214/KPTS/1991

T E N T A N G
BAKU MUTU LINGKUNGAN DAERAH UNTUK WILAYAH
PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BAGI BAKU MUTU LIMBAH CAIR

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah			
			I	II	III	IV
FISIKA						
1.	Temperatur	° C	35	40	45	45
2.	Zat padat terlarut	mg/l	1500	2000	4000	5000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/l	100	200	300	400
KIMIA						
1.	pH		6-9	6-9	6-9	6-9
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/l	1	5	10	20
3.	Mangan (Mn)	mg/l	0,5	2	5	10
4.	Barium (Ba)	mg/l	1	2	3	5
5.	Tembaga (Cu)	mg/l	1	2	3	5
6.	Seng (Zn)	mg/l	1	2	3	5
7.	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,05	0,1	0,25	0,5
8.	Krom Total (Cr)	mg/l	0,1	0,5	1	2
9.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,001	0,002	0,005	0,01
10.	Raksa (Hg)	mg/l	0,03	0,1	0,2	0,5
11.	Timbal (Pb)	mg/l	0,05	0,1	0,2	0,5
12.	Timbal (Pb)	mg/l	0,01	0,05	0,1	0,2
13.	Stanum (Sn)	mg/l	0,001	0,002	0,005	0,01
14.	Arsen (As)	mg/l	0,03	0,1	0,2	0,5
15.	Selenium (Se)	mg/l	1	2	3	5
16.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05	0,1	0,2	0,5
17.	Cobalt (Co)	mg/l	0,01	0,05	0,1	0,2
18.	Sianida (Cn)	mg/l	0,1	0,05	0,05	0,1
19.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,2	0,2	0,5	1
20.	Fluorida (F)	mg/l	0,02	0,4	0,6	1
21.	Krom bebas (Cr ¹²)	mg/l	0,01	0,05	0,1	0,2
22.	Amoniak bebas (NH ₃ N)	mg/l	1,5	2	3	5
23.	Nitrat (NO ₃ N)	mg/l	0,5	1	2	5
24.	Nitrit (NO ₂ N)	mg/l	0,02	1	2	5
25.	Klorida (Cl)	mg/l	10	1	2	5
26.	BOD ₅	mg/l	0,06	20	30	50
27.	COD	mg/l	600	1	30	50
28.	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	30	800	3	5
29.	Fenol	mg/l	60	50	1000	1200
30.	Minyak nabati	mg/l	0,5	100	150	300
31.	Minyak mineral	mg/l	0,01	5	300	600
32.	Radioaktifitas ..)	mg/l	1	0,5	10	15
	Pestisida termasuk PCB	mg/l	1	5	10	20
			10	50	100	100



LAMPIRAN

II

(Cara uji kadar besi dalam air menurut SNI 19-1127-1989 ;

AWWA 3500-Fe D)

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR (SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D)

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi cara uji kadar besi dalam air dan cara uji alternative.

2. CARA UJI

Pada standar ini diuraikan cara kolorimetri "fenantrolin". Cara ini dapat dipakai untuk penentuan kadar besi total, besi terlarut dan ion ferro dalam air dengan batas ukur kadar optimum antara 0,02 - 4,0 mg/liter besi. Deteksi minimum dapat dicapai sampai 0,01 mg/liter besi. Terhadap contoh air yang mengandung kadar besi tinggi, harus dilakukan pengenceran atau ditetapkan dengan cara yang lebih tepat sesuai dengan kadar besi yang terkandung dalam contoh.

2.1. PRINSIP

Ion besi (ferri) dalam suasana asam dan panas, direduksi oleh hidroksilamin hidroklorida menjadi ion ferro. Ferro dengan 1,10 - fenantrolin pada pH 3,2 - 3,3 membentuk senyawa fenantrolin khelat yang berwarna merah. Warna yang terbentuk dibandingkan terhadap warna standar yang telah diketahui kadarnya.

2.2. GANGGUAN

- Warna dan kekeruhan
- Oksidator kuat
- Senyawa-senyawa sianida, nitrit dan fosfat.

2.3. PERALATAN

- Spektrofotometer bekerja pada panjang gelombang 510 nm atau filter fotometer (fotometer filter) yang berwarna hijau atau yang mempunyai transmisi cahaya maksimum.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

- Kuvet yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- Tabung Nessler 50, 100 mL
- Labu ukur 50, 100 dan 1000 mL
- Labu Erlenmeyer 250 mL

Alat-alat gelas yang dipakai harus bebas besi, bersihkan dengan larutan asam klorida pekat dan bilas sampai bersih dengan air suling.

2.4. PEREAKSI

Semua pereaksi yang dipakai relative bebas besi.

Gunakan botol gelas tutup asah untuk penyimpanan standar besi, asam klorida dan larutan ammonium asetat.

- a) Asam klorida pekat
- b) Larutan hidrosilamin hidroklorida
Larutkan 10 g $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ dalam 100 mL air suling.
- c) Larutan penyangga ammonium asetat.
 - Larutkan 250 g $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ dalam 150 mL air suling
 - Tambahkan 700 mL asam asetat glacial
 - Encerkan sampai 1 liter
- d) Larutan fenantrolin
 - Larutkan 0,1 g 1,10 fenantrolin monohidrat $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{HO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL air suling.
 - Panaskan sampai 80°C , tidak boleh mendidih. Bila tidak dipanaskan tambahkan 2 tetes HCl pekat.
- e) Larutan sediaan standar besi
 - Tambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat kedalam 50 mL air suling dan larutkan 1,404 g ferro ammonium sulfat : $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

- Tambahkan beberapa tetes larutan KMnO_4 0,1 N sampai warna sedikit pink
 - Encerkan menjadi 1000 mL didalam labu ukur, aduk. 1 mL = 200 μg Fe.
- f) Larutan standar siapan (1 mL = 0,01 mg = 10 μg Fe) →
- Pipet 50 mL larutan sediaan standar besi kedalam labu ukur 1000 mL, encerkan sampai tanda batas dengan air suling.

2.5. PROSEDUR

a) BESI TOTAL

- Kocok contoh air sampai merata, masukkan 50 mL contoh yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe kedalam labu Erlenmeyer 250 mL.
- Tambah 2 mL HCl pekat dan 1 mL larutan hidrosilamin hidroklorida.
- Panaskan dan didihkan sampai semua besi larut, volume larutan menjadi 15 -20 mL. Jika contoh mengandung unsur-unsur pengganggu, maka dilakukan pemanasan sampai kering dan diabukan. Kemudian larutkan kembali dengan 2 mL HCl pekat dan 5 mL air suling.
- Dinginkan kedalam labu ukur 50 atau 100 mL.
- Tambah 10 mL larutan penyangga ammonium asetat dan 2 mL larutan fenantrolin. *Fenol*
- Tambahkan air suling sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.
- Baca setelah 10-15 menit dan bandingkan terhadap standar dengan tabung Nessler atau lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

b) BESI TERLARUT

- Contoh air disaring terlebih dahulu dengan kertas saring halus
- 50 mL contoh air yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe dikerjakan sama dengan cara kerja besi total.



CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

> Cara visual

- Gunakan tabung "Nessler" dengan jenis dan ukuran yang sama, bersih dan kering.
- Tempatkan beberapa buah tabung Nessler pada sebuah rak dengan dasar yang putih dan terang.
- Pindahkan secara kuantitatif larutan blanko, standar dan contoh kedalam tabung Nessler.
- Bandingkan warna contoh terhadap blanko dan standar.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

> Cara Spektrofotometri

Tabel

Penggunaan Kuvet Berdasarkan Volume dan Kadar Besi

Volume akhir 50 mL	Volume akhir 100 mL	Ketebalan Kuvet
$\mu\text{g Fe}$	$\mu\text{g Fe}$	cm
50 - 200	100 - 400	1
25 - 100	50 - 200	2
10 - 40	20 - 80	5
5 - 20	10 - 40	10

- Atur fotometer pada absorbansi nol atau pada 100% transmitansi terhadap blanko sebagai pembanding.
- Tetapkan nilai serapan (absorbansi) atau contoh, dan masing-masing standar pada panjang gelombang 510 n.m.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

3.1. Cara Kolorimetri "Rhodanida"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,01$ mg/liter besi

3.2. Cara Kolorimetri "Tripidin"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,03$ mg/liter besi.

3.3. Cara SSA (Spektrofotometer Serapan Atom)

- Batas ukur kadar optimum pada panjang gelombang 248,3 nm 0,5 - 10 mg/liter besi.
- Deteksi minimum 0,01 mg/liter besi.

Cara pengujian besi dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ini dapat dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu :

- SNI 06 - 2523 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Langsung.
- SNI 06 - 2524 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom dengan pengolahan pendahuluan cara ekstraksi.
- SNI 06 - 2525 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Tungku Karbon.

Selain metode pengujian tersebut diatas, pemeriksaan kadar besi (Fe) dapat juga dilakukan dengan metode :

- ASTM Designation : D 1068 - 90 Standar Test Method for Iron in Water
- AWWA : 3500 - Fe D IRON (Phenanthroline Method)
- USEPA Method 236.1 Iron (AA, Direct Aspiration)



LAMPIRAN

III

(Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks
tertutup secara spektrofotometri menurut SNI 06-6989.2-
2004)

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri



Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan dengan alat refluks tertutup*.



Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm.

Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air suling bebas organik, dan mempunyai nilai KOK 500 mg/L

2.3

larutan kerja

larutan baku yang diencerkan dengan air suling bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran nilai KOK: 0,0 mg/L; 100 mg/L; 200 mg/L; 300mg/L; 400mg/L

2.4

larutan blanko atau air suling bebas organik

adalah air suling yang tidak mengandung organik atau mengandung organik dengan kadar lebih rendah dari batas deteksi

2.5

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi yang merupakan garis lurus

2.6

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

2.8

SRM (Standard Reference Material)

bahan standar yang tertelusur ke sistem nasional

2.9

CRM (*Certified Reference Material*)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

3 Cara uji

3.1 Prinsip

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji.

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

3.2 Bahan

- a) Air suling bebas klorida dan bebas organik.
- b) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi tinggi. Tambahkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 ml air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- c) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi rendah. Tambahkan 1,022 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- d) Larutan pereaksi asam sulfat
Tambahkan serbuk atau kristal Ag_2SO_4 teknis ke dalam H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 g Ag_2SO_4 untuk tiap satu kg H_2SO_4 pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 untuk tiap 1000 mL H_2SO_4 pekat. Biarkan 1 jam sampai dengan 2 jam sampai larut, aduk.
- e) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$).
Digunakan jika gangguan nitrit akan dihilangkan. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2^- \text{N}$ yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
Gerus perlahan KHP lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C . Larutkan 425 mg KHP ke dalam air suling, encerkan sampai 1000 mL. Secara teori, KHP mempunyai nilai KOK 1,176 mg O_2/mg KHP dan larutan ini secara teori mempunyai nilai KOK 500 μg O_2/mL . Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin. Hati-hati terhadap pertumbuhan biologi. Siapkan dan pindahkan larutan dalam kondisi steril. Sebaiknya larutan ini dipersiapkan setiap 1 minggu.

3.3 Peralatan

- spektrofotometer sinar tampak;
- kuvet;
- tabung pencerna, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- mikroburet;
- labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- gelas piala; dan
- timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatian Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- Homogenkan contoh uji.
- Cuci tabung reflus dan tutupnya dengan H₂SO₄ 20% sebelum digunakan.
- Pipet volume contoh uji dan tambahkan larutan pencerna dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam tabung pencerna

Tabung pencerna	Contoh uji (mL)	Larutan pencerna (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul : 10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan reflus selama 2 jam.

3.5.2 Pengawetan contoh uji

Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

4.2 Pengendalian mutu

- Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different, RPD*) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah lebih kecil atau sama dengan 5%, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100\%$$

dengan pengertian:

- X_1 adalah konsentrasi KOK pada penentuan pertama;
 X_2 adalah konsentrasi KOK pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar dari 5%, pengujian harus diulang.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- Analisis *SRM*.
- Lakukan analisis *SRM (Standard Reference Material)* untuk kontrol akurasi.
- Analisis blind sample.
- Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.



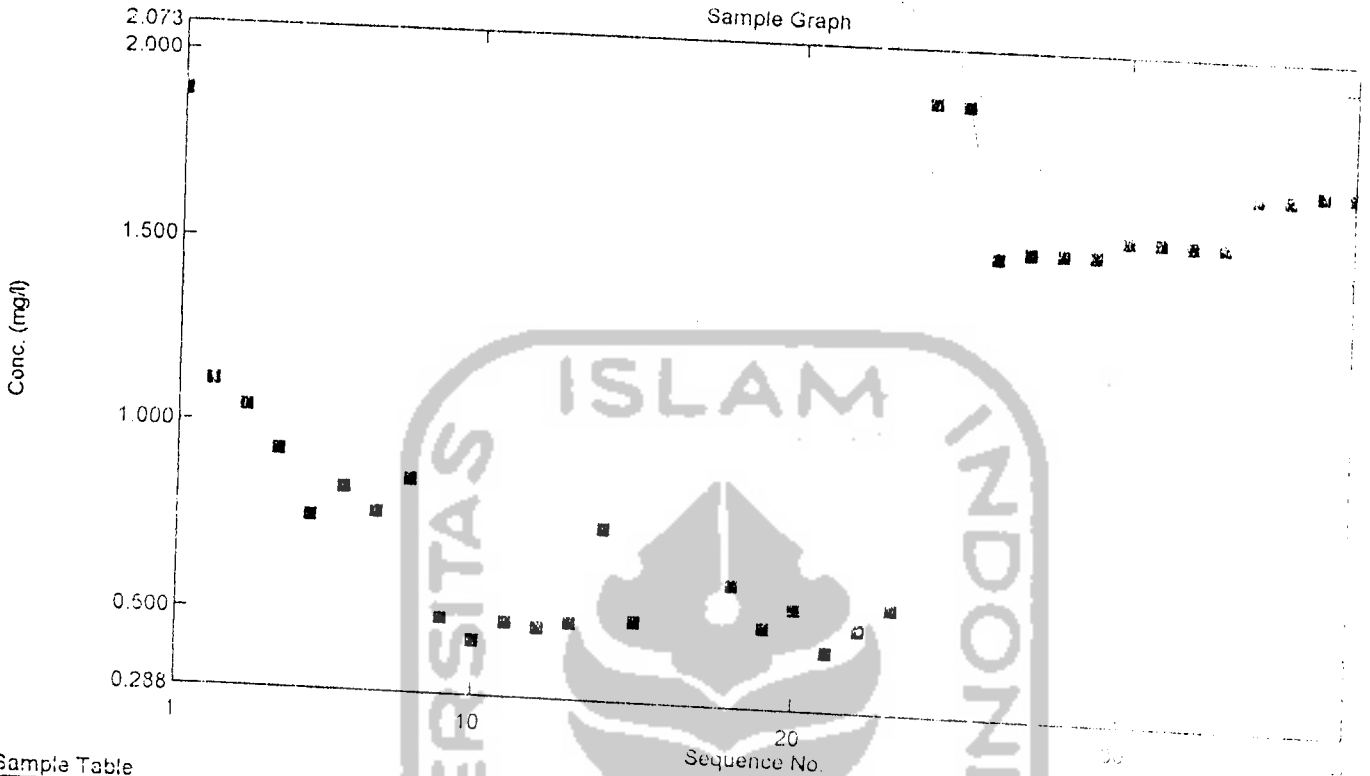
LAMPIRAN
IV

(Hasil analisa laboratorium konsentrasi besi (Fe))

Sample Table Report

09/05/2008 11:47:39 AM

File Name: G:\kalfi fe.pho



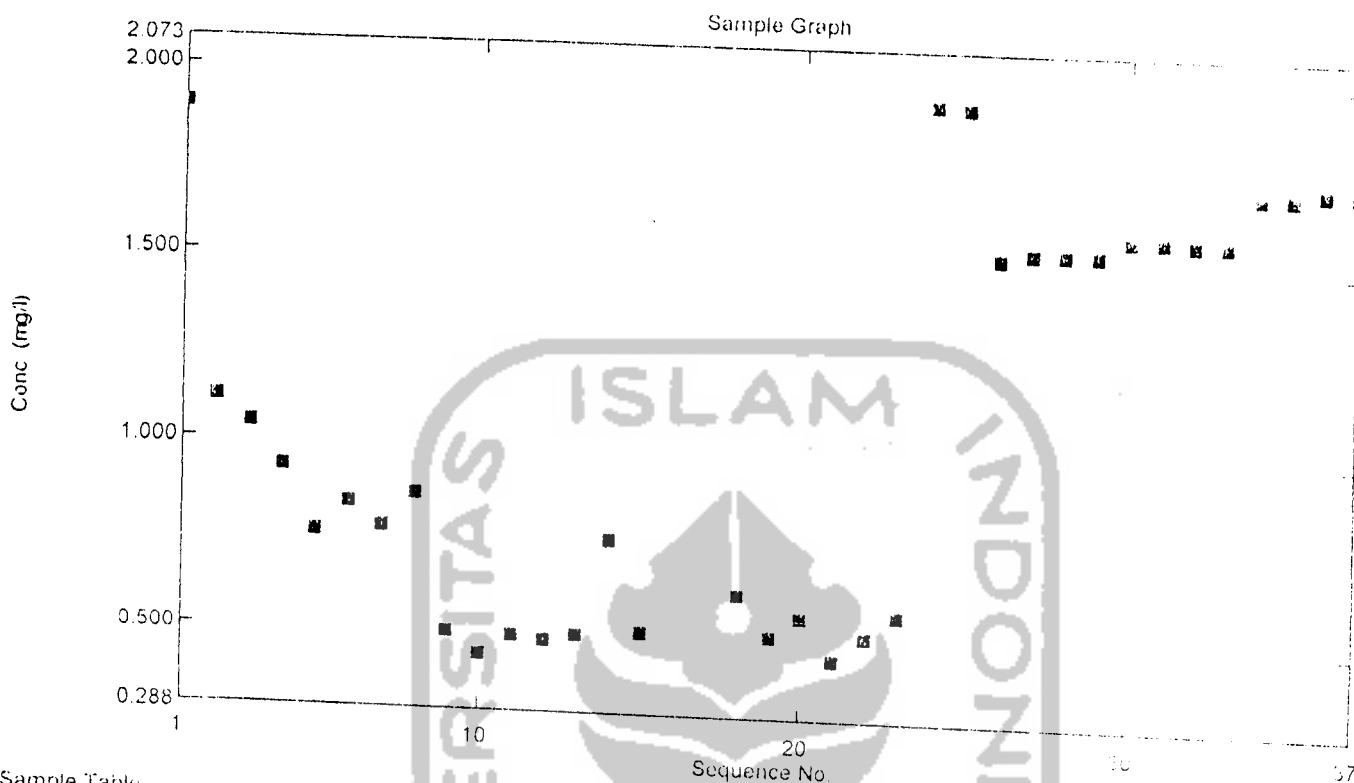
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	IN	Unknown		1.888	0.358	
2	OUT 5% 1	Unknown		1.108	0.209	2x pengenceran
3	out 5% 2	Unknown		1.040	0.196	3x
4	out 5% 3	Unknown		0.933	0.176	
5	out 5% 4	Unknown		0.755	0.142	
6	out 5% 5	Unknown		0.836	0.157	
7	out 5% 6	Unknown		0.772	0.145	
8	out 7,5 % 1	Unknown		0.859	0.162	
9	out 7,5 % 2	Unknown		0.492	0.091	
10	out 7,5 % 3	Unknown		0.437	0.081	
11	out 7,5 % 4	Unknown		0.487	0.090	
12	out 7,5 % 5	Unknown		0.480	0.089	
13	out 7,5 % 6	Unknown		0.495	0.092	
14	out 10 % 1	Unknown		0.751	0.141	
15	out 10 % 2	Unknown		0.505	0.094	
16	out 10 % 3	Unknown	✓	0.525	0.098	
17	out 10 % 4	Unknown	✓	0.401	0.074	
18	out 10 % 5	Unknown		0.615	0.115	

Sample Table Report

09/05/2006 11:47:35 AM

File Name: G:\kalfi fe.pho



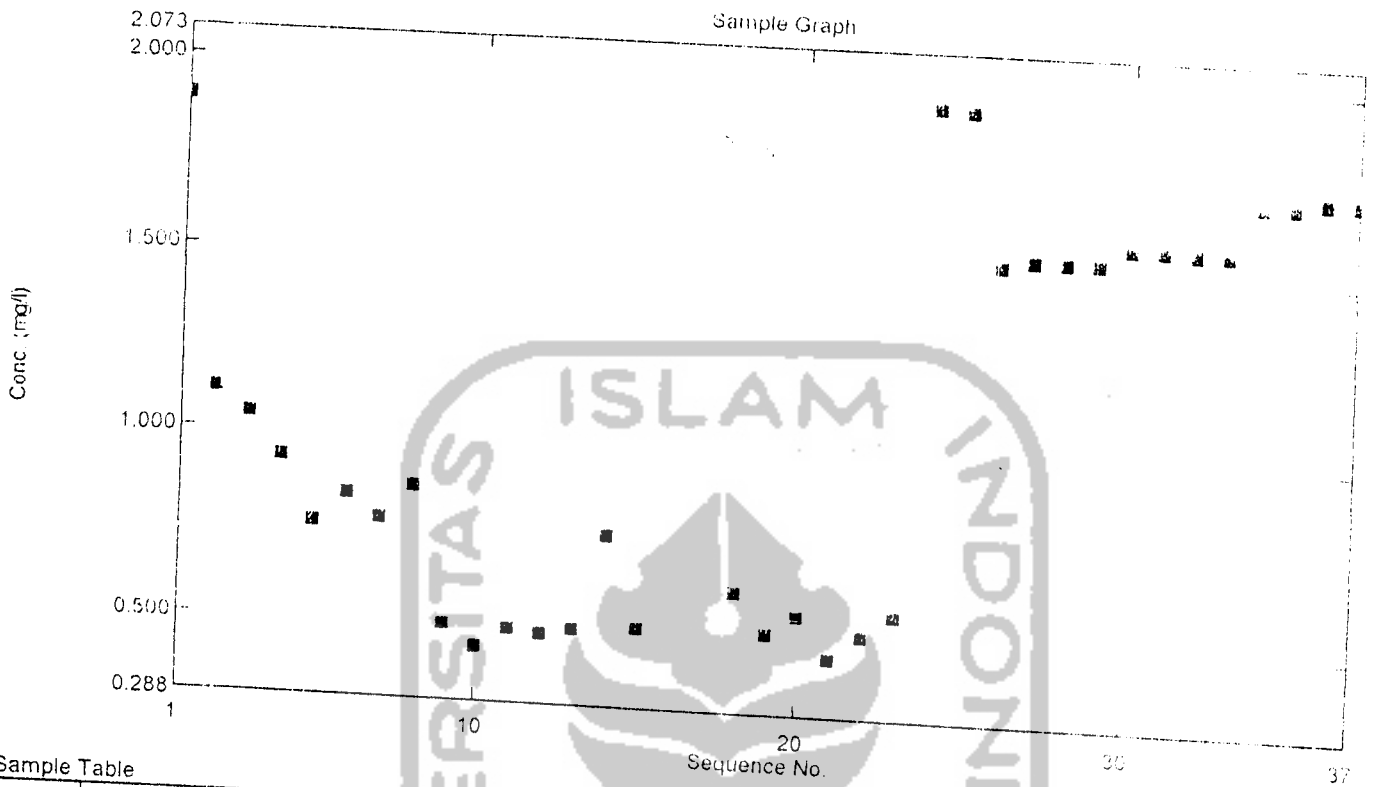
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
19	out 10 % 6	Unknown		0.505	0.094	
20	UI 10% 3	Unknown		0.558	0.104	1,274
21	UI 10% 4	Unknown		0.445	0.083	1,235
22	UI 10% 5	Unknown		0.508	0.094	
23	UI 10% 6	Unknown		0.567	0.106	
24	In 1.1 7.5'	Unknown	→	1.924	0.365	2x bergesekan
25	In 1.2	Unknown		1.923	0.365	5,771
26	In 2.1	Unknown		1.522	0.288	
27	In 2.2	Unknown		1.534	0.291	4,968
28	In 3.1	Unknown		1.538	0.291	
29	In 3.2	Unknown		1.537	0.291	4,613
30	In 4.1	Unknown		1.580	0.299	
31	In 4.2	Unknown		1.580	0.299	4,740
32	In 5.1	Unknown		1.573	0.298	
33	In 5.2	Unknown		1.573	0.298	4,719
34	In 6.1	Unknown		1.705	0.323	
35	In 6.2	Unknown		1.705	0.323	5,115
36	In Akhir 1	Unknown		1.722	0.327	5,166

Sample Table Report

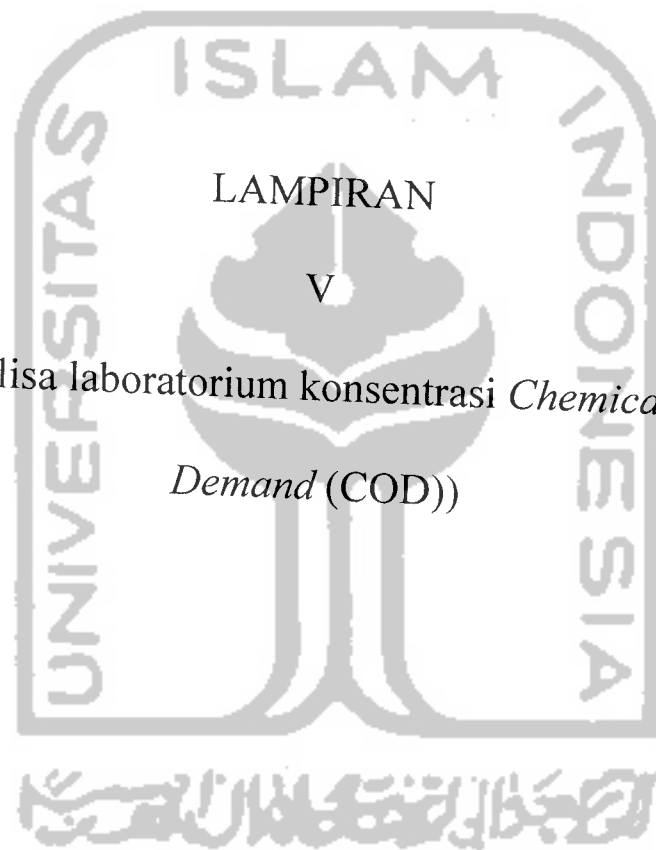
09/05/2008 14:47:59 AAT

File Name: G:\kalfi fe.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
37	ζο	In Akhir 2	Unknown			
38				1.722	0.327	



LAMPIRAN

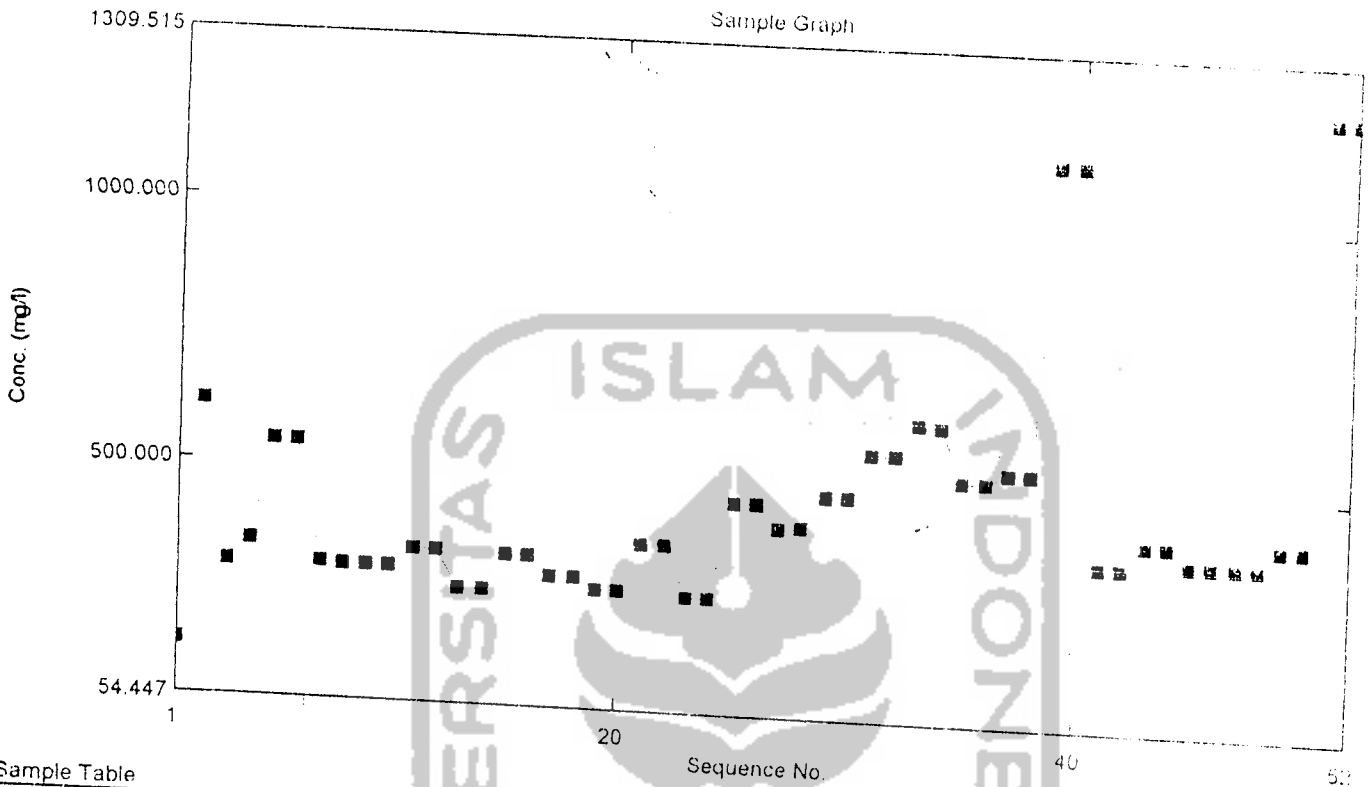
V

(Hasil analisa laboratorium konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD))

Sample Table Report

09/05/2006 11:42:39 AM

File Name: G:\kalfi 1.pho **COD**



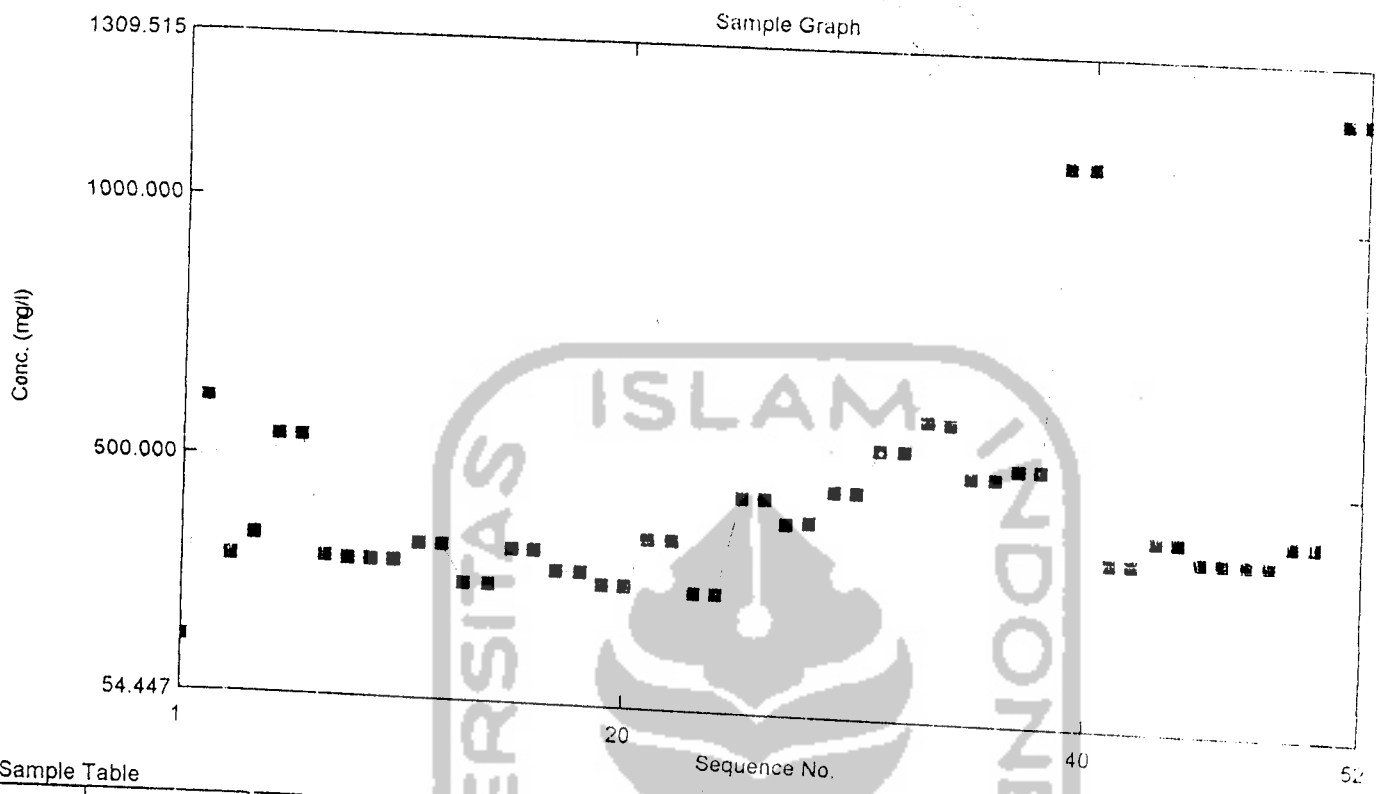
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	1	IN COD	✓	159.036	0.035	10 X
2	2	out 5% 1	0%	609.237	0.143	3 X
3	3	out 5% 2		310.629	0.072	
4	4	aya-uji-awal		352.343	0.082	
5	5	UI COD 1		538.527	0.126	
6	6	UI COD 2		538.527	0.126	
7	7	Out 5% 3.1		313.681	0.072	
8	8	Out 5% 3.2		311.138	0.072	
9	9	Out 5% 4.1		308.086	0.071	
10	10	Out 5% 4.2		308.594	0.071	
11	11	Out 5% 5.1		342.169	0.079	
12	12	Out 5% 5.2		342.169	0.079	
13	13	Out 5% 6.1		271.968	0.062	
14	14	Out 5% 6.2		272.477	0.062	
15	15	Out 10% 2.1		339.116	0.078	
16	16	Out 10% 2.2		338.608	0.078	
17	17	Out 10% 3.1		302.490	0.070	
18	18	Out 10% 3.2		301.981	0.069	

Sample Table Report

09/09/2006 11:42:39 AM

File Name: G:\kalfi 1.pho COD



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
19	Out 10% 4.1		280.107	0.064	
20	Out 10% 4.2		280.107	0.064	
21	Out 10% 5.1		370.656	0.086	
22	Out 10% 5.2		370.656	0.086	
23	Out 10% 6.1		272.985	0.063	
24	Out 10% 6.2		272.985	0.063	
25	In 1.1		456.118	0.106	
26	in 1.2		455.609	0.106	
27	in 2.1		411.352	0.096	
28	in 2.2		412.369	0.096	
29	in 3.1		471.379	0.110	
30	in 3.2		472.396	0.110	
31	in 4.1		553.280	0.130	
32	in 4.2		553.280	0.130	
33	in 5.1		611.780	0.144	
34	in 5.2		611.272	0.144	
35	in 6.1		510.040	0.119	
36	in 6.2		510.549	0.120	

Way to change

1268,254

Rata-rata = 1000,106

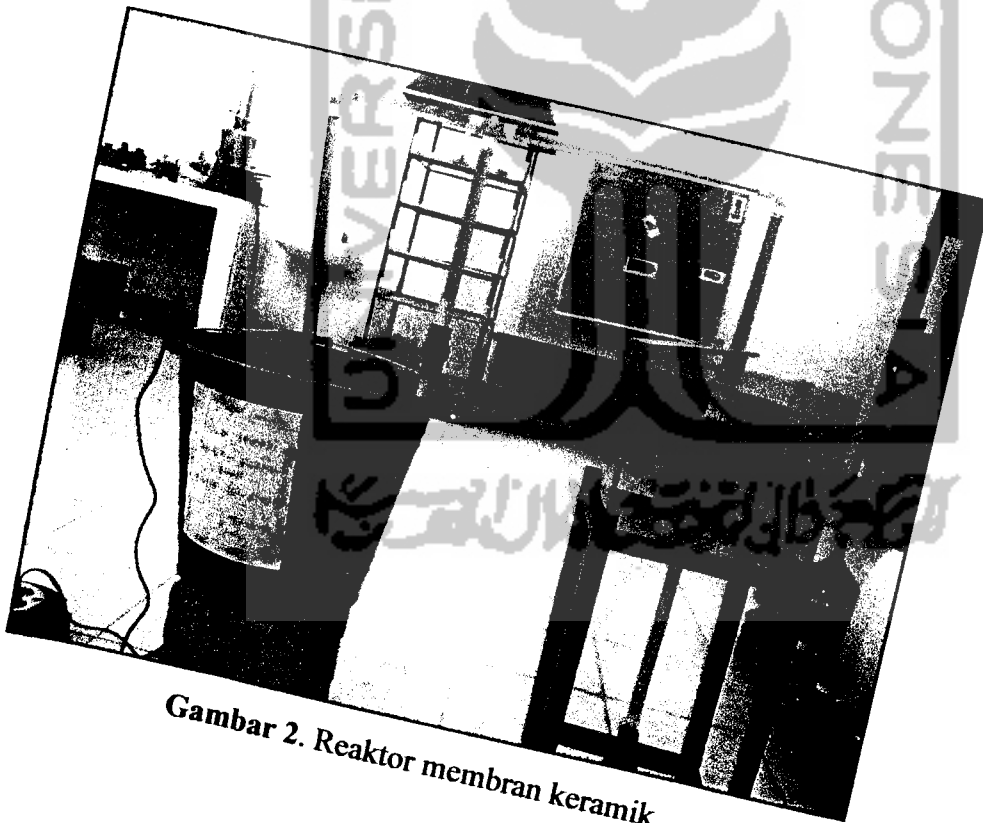


LAMPIRAN
VI
(Dokumentasi)

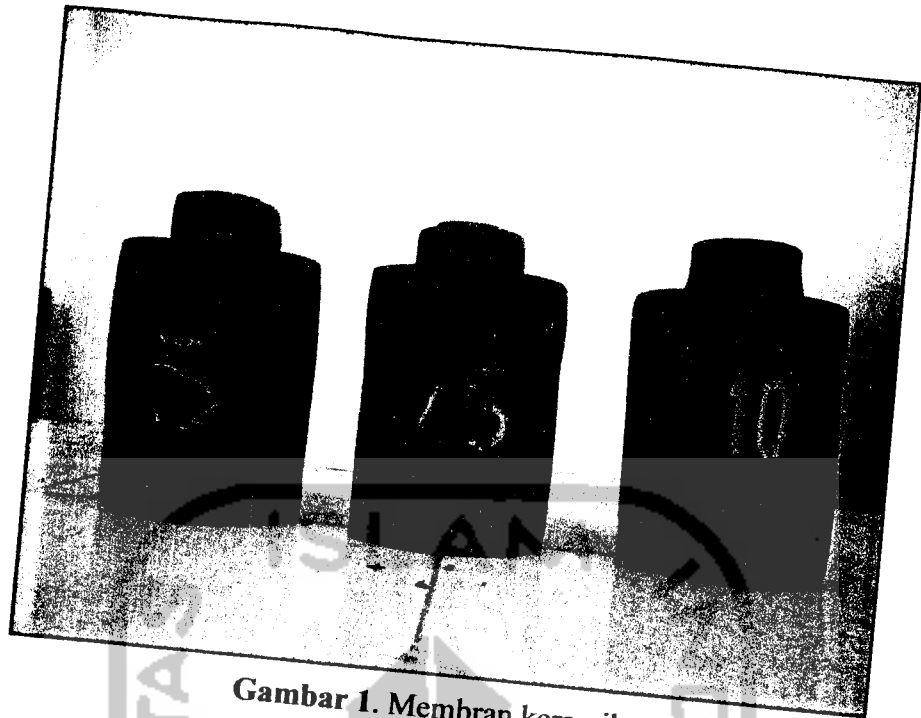
وَمَا كُنَّا بِمُعَظَّمِي الْخَلْقِ إِنَّا بَشَرٌ مِّثْلُكُمْ



Gambar 1. Membran keramik



Gambar 2. Reaktor membran keramik



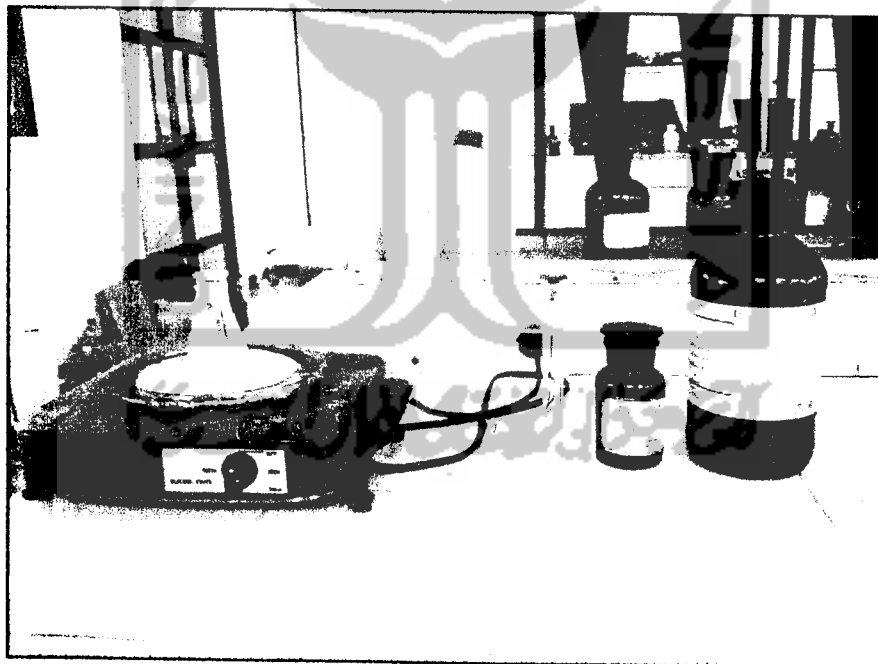
Gambar 1. Membran keramik



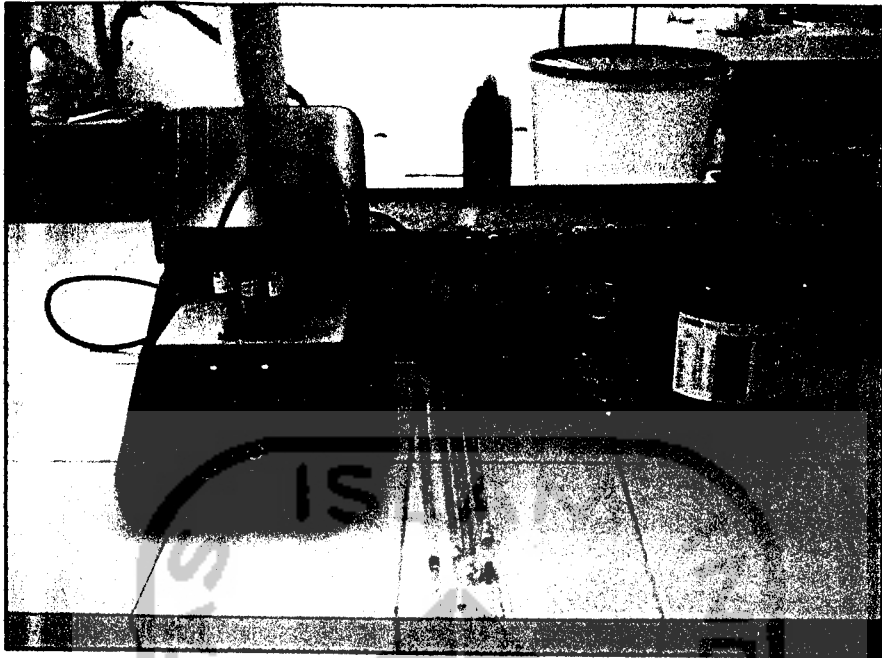
Gambar 2. Reaktor membran keramik



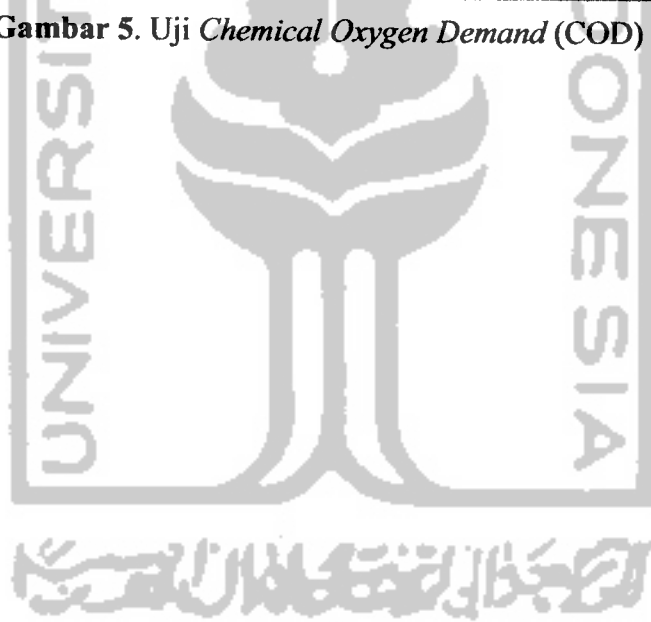
Gambar 3. Outlet dari reaktor membran keramik



Gambar 4. Uji besi (Fe)



Gambar 5. Uji *Chemical Oxygen Demand (COD)*



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Kalfi Aminati	01513029	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Efektifitas Teknologi Membran Keramik Terhadap Penurunan Konsentrasi Phenol dan Besi pada Limbah Cair Lindi Tempat Pembuangan Akhir Piyungan YK

PERIODE : II
TAHUN : Genap 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Kasam, MT
DOSEN PEMBIMBING II : Eko Siswoyo, ST
DOSEN PEMBIMBING III :








Yogyakarta, 14 Oktober 2006
Koordinator TA

(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	5/10 '06.	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki Pembahasan <ul style="list-style-type: none"> • Belum Jernih. • Kenapa efisiensi Fe 100%? • Inlet COP pada 1 jam? 		
2.	11/10 '06.	<ul style="list-style-type: none"> - Silahkan diskusi dengan pembimbing I. - Buat Abstraksi (latar belakang, tujuan) <ul style="list-style-type: none"> • Background • Tujuan • Metode • Hasil penelitian 		
3.	13/10 '06.	<ul style="list-style-type: none"> - Latar belakang, hal-hal berkaitan dengan literatur dan Mtk. - Penelitian sebelumnya bisa dicari sbg referensi - Hipotesis mengacu pada rumusan masalah, tujuan, landasan teori, penerapan - Gambar desain reactor penelitian - Perbaiki & lengkapi pd msg. terlampir 		
4.	18/10 '06	<ul style="list-style-type: none"> - Ace untuk semua hasil 		
5.	6/11 '06	<ul style="list-style-type: none"> Abstrak debut yg benar. 		
6	8/11 '06	<ul style="list-style-type: none"> - siap di presentasikan 	