

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

- 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).

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.

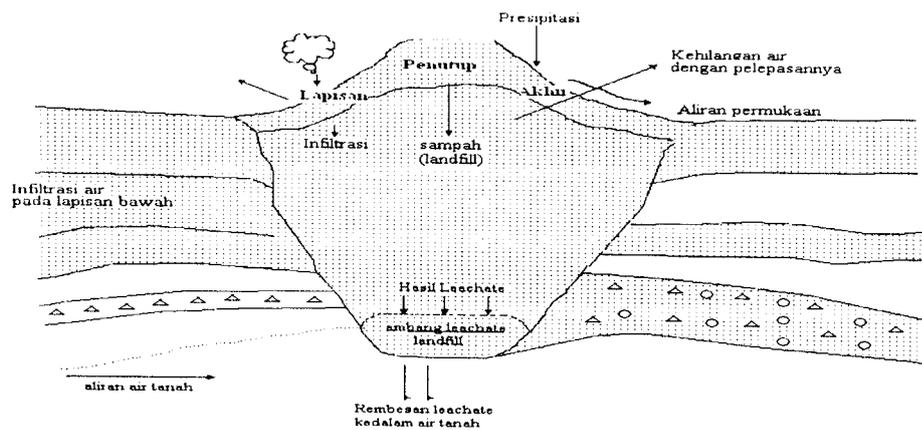
2.1.3. Kualitas Lindi TPA Piyungan

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 :

- 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 organis atau zat padat yang inorganis (seperti tanah liat) (Alaerts dan Santika, 1984).

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.

- 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 testing* 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

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.

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.

3.8.2. 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 :

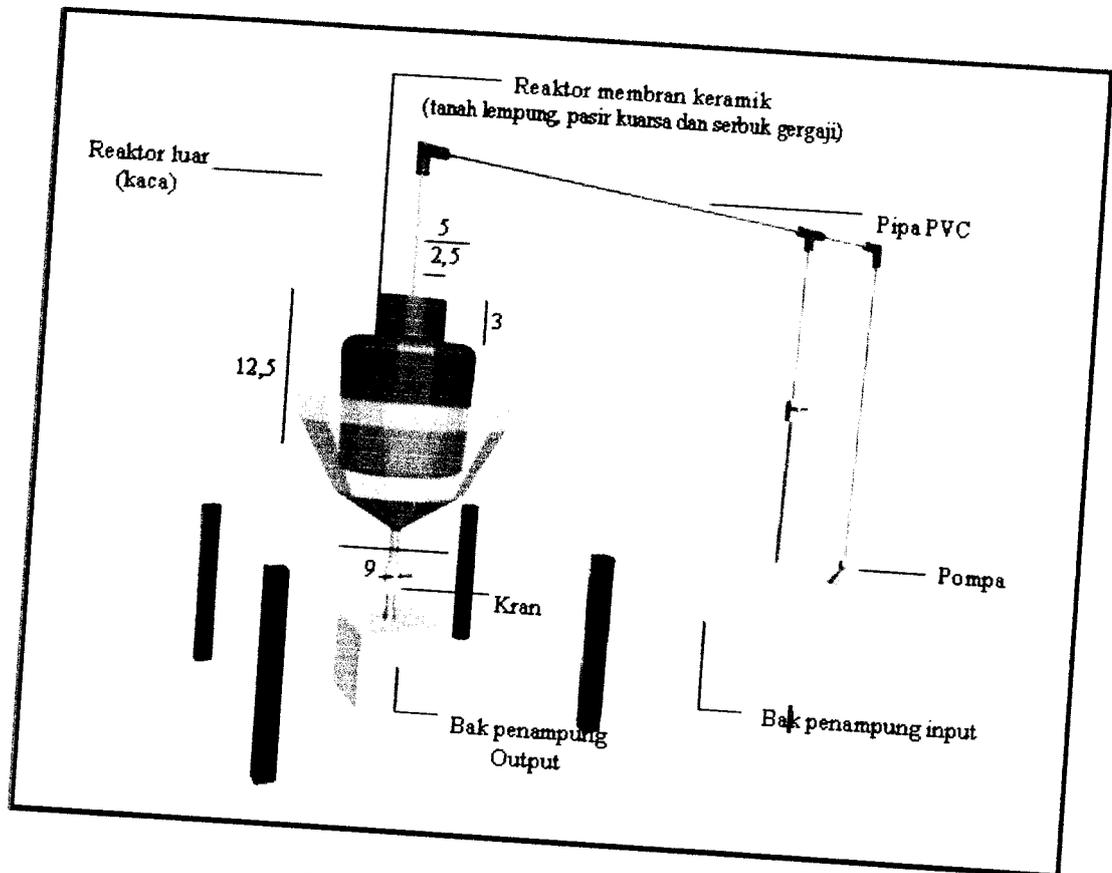
- Tinggi membran 12,5 cm
- Diameter bagian atas keramik 2,5 cm
- Diameter bagian bawah keramik 9 cm

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

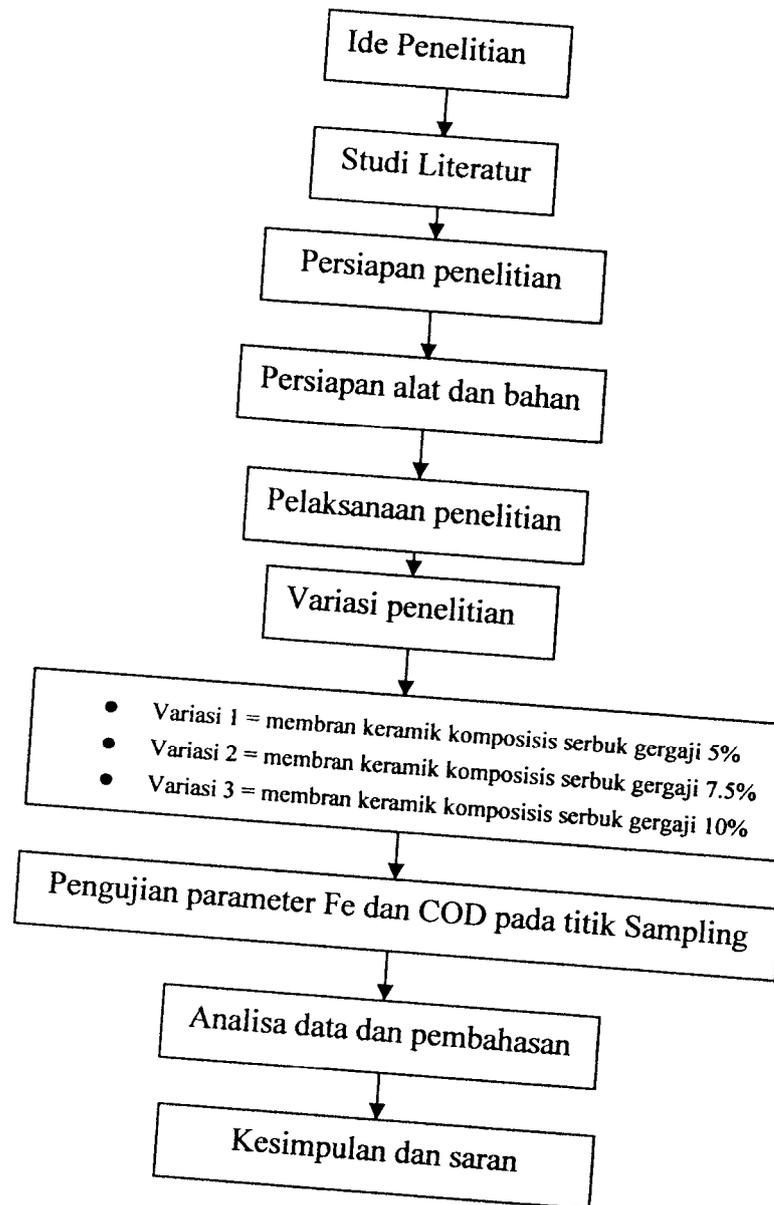
Desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :



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.



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.



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%.

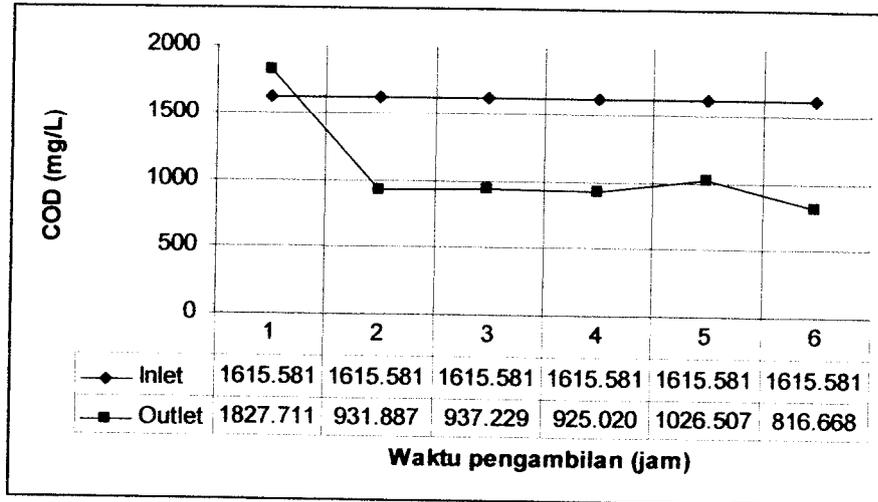
Hasil penelitian yang menunjukkan efisiensi dari membran keramik terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3 dengan grafik hubungan antara konsentrasi besi (Fe) pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3 dibawah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

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

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.

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

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.

- 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, Monterey, 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.