

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Jumlah air limbah domestik yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi limbah domestik dengan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total suspended Solid* (TSS) dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi *membran keramik*.

Prinsip dasar dari *membran keramik* adalah mengalirkan air limbah ke dalam *membran keramik* melalui pipa dengan menggunakan bantuan pompa dengan $Q = 1000 \text{ L/ jam}$, $A_c = 220 - 240 \text{ Volt/ Hz}$, dan $W = 15 \text{ watt}$. Dimana akan terjadi proses filtrasi dan adsorpsi didalamnya yang pada akhirnya akan menghasilkan effluent melalui pori-pori pada dinding keramik, ukuran pori juga turut berperan sehingga dapat menurunkan konsentrasi COD dan TSS pada limbah domestik. Pemeriksaan porositas *membran keramik* dilakukan di BATAN Yogyakarta, adapun ukuran porositas yang dihasilkan pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 %, 7,5 % dan 10 % dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1. Diameter Porositas Membran Keramik

No	Komposisi Serbuk Gergaji (%)	Diameter Porositas Membran Keramik (μm)
1	5	$35,04155 \times 10^{-4}$
2	7,5	$34,40265 \times 10^{-4}$
3	10	$33,89180 \times 10^{-4}$

Sumber : Data Primer, 2006

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan *membran keramik*, dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk *membran keramik* tersebut dengan menggunakan air bersih. Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran sisa dari hasil pembakaran keramik agar tidak bercampur dengan effluent yang dihasilkan pada *membran keramik* tersebut. Air limbah yang digunakan adalah air limbah dari unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon Bantul Yogyakarta, yang diambil dari unit sebelum *screw pump* atau pada bak pengumpul. Untuk selanjutnya dilakukan proses *running*, variasi pengambilan sampel dengan menggunakan *membran keramik* diambil dari setiap inlet dan outletnya yang dilakukan per 30 menit selama 3 jam (30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit).

Berikut ini adalah hasil dari uji laboratorium untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) adalah sebagai berikut :

4.1. Hasil Uji Laboratorium Untuk *Chemical Oxygen Demand* (COD)

4.1.1. Data Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, dengan variasi waktu pengambilan sampel per 30 menit selama 3 jam. Berikut adalah hasil pengukuran dan grafik konsentrasi COD serta grafik efisiensi removal COD pada *membran keramik* dengan variasi serbuk gergaji.

a. *Membran Keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 %

Dari proses *running* yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 % tidak mampu mengolah air limbah domestik, sehingga *membran keramik* tersebut tidak mampu menghasilkan effluent yang cukup untuk dilakukan penelitian.

b. *Membran Keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %

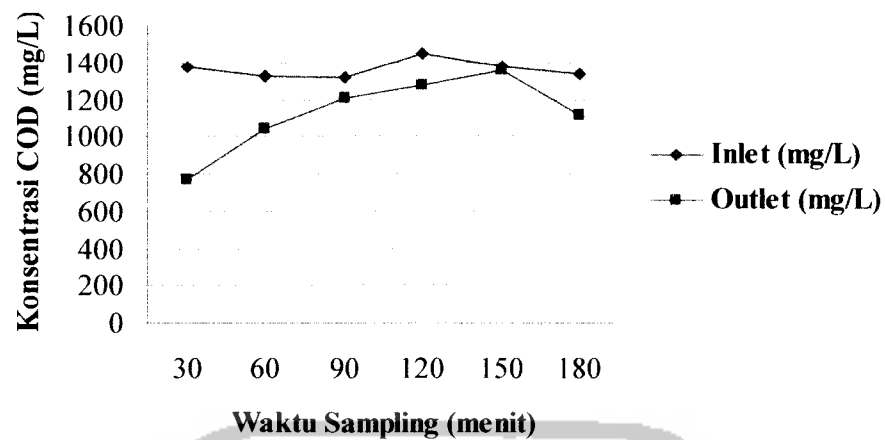
Hasil pengukuran dan grafik konsentrasi COD serta grafik efisiensi removal COD pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dapat dilihat pada Tabel 4.2, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2. Data Konsentrasi COD Pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Effisiensi Removal (%)
30	1372,798	773,548	43,65
60	1326,506	1041,633	21,48
90	1321,419	1207,470	8,62
120	1448,086	1272,075	12,15
150	1374,324	1359,572	1,07
180	1338,715	1112,343	16,91
Rata-rata	1363,641	1127,774	17,30

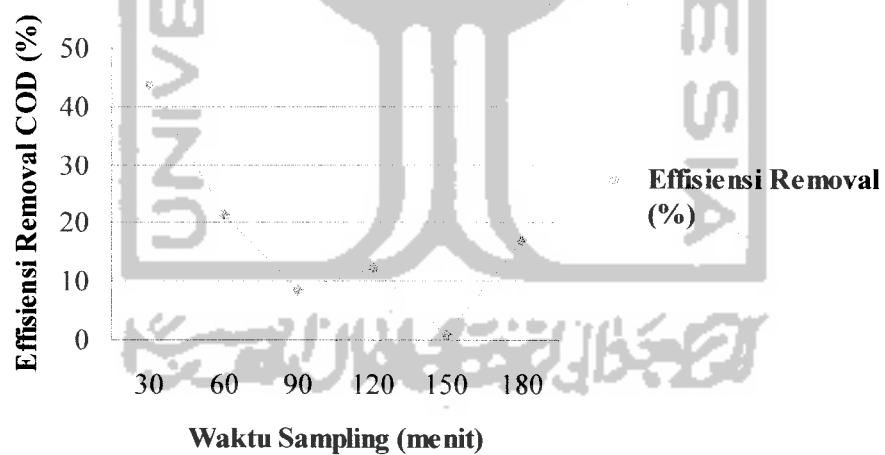
Sumber : Data Primer, 2006

$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{1363,641 - 1127,774}{1363,641} \times 100 = 17,30\%$$



Gambar 4.1. Konsentrasi COD Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Grafik hubungan antara efisiensi removal COD dengan variasi waktu sampling pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2. berikut ini :



Gambar 4.2. Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Variasi Waktu Sampling Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Pada Tabel 4.2. terlihat bahwa efisiensi removal konsentrasi COD untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % pada variasi waktu sampling 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit berturut-turut adalah **43,65 %**, **21,48 %**, **8,62 %**, **12,15 %**, **1,07 %**, dan **16,91 %** dengan efisiensi removal rata-rata sebesar **17,30 %**. Tingkat efisiensi removal yang terendah terjadi pada waktu 150 menit yaitu **1,07 %** sedangkan efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu 30 menit yaitu **43,65 %**.

c. *Membran Keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %

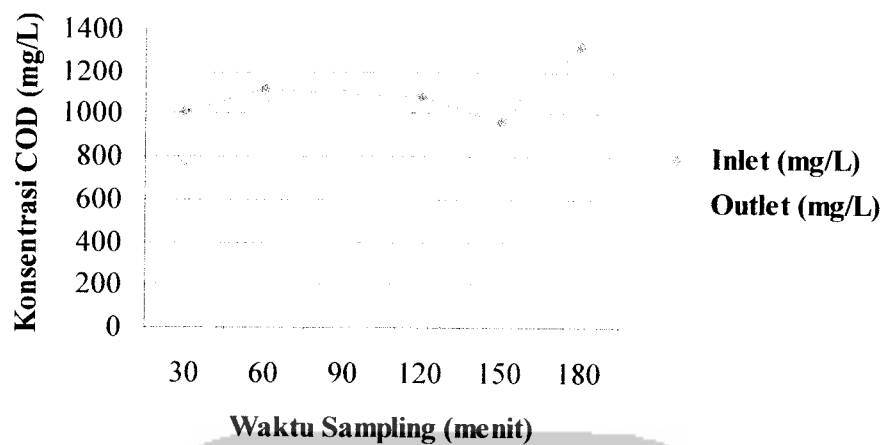
Hasil pengukuran dan grafik konsentrasi COD serta grafik efisiensi removal COD pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, dapat dilihat pada Tabel 4.3, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini :

Tabel 4.3. Data Konsentrasi COD Pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Waktu (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Effisiensi Removal (%)
30	1016,198	774,565	23,78
60	1120,991	1072,664	4,31
90	1088,942	1071,138	1,63
120	1082,329	1000,428	7,57
150	957,697	1072,664	-12,00
180	1316,841	1056,386	19,78
Rata-rata	1097,1663	1007,974	8,13

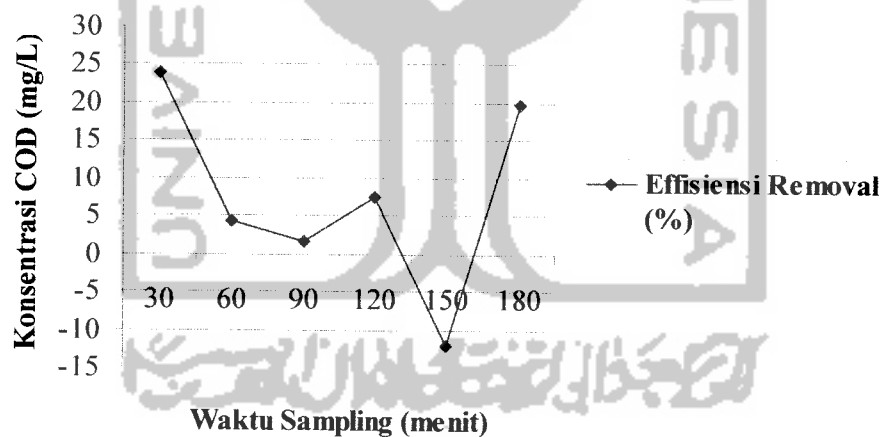
Sumber : Data Primer, 2006

$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{1097,1663 - 1056,386}{1097,1663} \times 100 = 8,13 \%$$



Gambar 4.3. Konsentrasi COD Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Grafik hubungan antara efisiensi removal COD dengan variasi waktu sampling pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4. berikut ini :



Gambar 4.4. Hubungan Effisiensi Removal COD dengan Variasi Waktu Sampling Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Pada Tabel 4.3. terlihat bahwa efisiensi removal konsentrasi COD untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit berturut-turut adalah **23,78 %**, **4,31 %**, **1,63 %**, **7,57 %**, **-12,00 %**, dan **19.78 %** dengan efisiensi removal rata-rata sebesar **8,13 %**. Tingkat efisiensi removal yang terendah terjadi pada waktu 150 menit yaitu **-12,00 %** sedangkan efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu 30 menit yaitu **23,78 %**.

4.1.2. Analisis Data Dengan Menggunakan T-Test

Tujuan dari dilakukannya uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rata-rata tetapi variannya tidak diketahui. Adapun rumus uji t dua variabel sebagai berikut :

$$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)^2}}$$

r = nilai korelasi X_1 dengan X_2

n = jumlah sampel

\bar{x}_1 = rata-rata sampel ke-1

\bar{x}_2 = rata-rata sampel ke-2

s_1 = standar deviasi sampel ke-1

s_2 = standar deviasi sampel ke-2

S_1 = varians sampel ke-1

S_2 = varians sampel ke-2

4.1.2.1. T-Test Analisa COD Pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : \bar{x}_1 = 1363,641333

\bar{x}_2 = 1127,773500

Standar deviasi : s_1 = 47,14222343

s_2 = 206,9004546

Varians : S_1 = 2222,389229

S_2 = 4280779811

Korelasi : r_1 = 0,238609892

$t_{hitung} = 2,709100604$

Dengan $\alpha = 0.05$, $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 + 2 = 10$

Sehingga diperoleh $t_{tabel} = 1,812$

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t$ tabel, atau $-1,812 < 2,709100604 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet
DITOLAK.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet DITERIMA.

Analisa COD dengan menggunakan uji t dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %. Menunjukkan hasil bahwa nilai t hitung lebih besar dari t tabel ($2,709100604 > 1,812$), maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet limbah domestik.

4.1.2.2. T-Test Analisa COD Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 1097,166333$

$\bar{x}_2 = 1007,974167$

Standar deviasi : $s_1 = 122,5723672$

$s_2 = 117,6772775$

Varians : $S_1 = 15023,9852$

$S_2 = 13847,94165$

Korelasi : $r_r = 0,300125918$

$$t_{\text{hitung}} = 1,283374699$$

Dengan $\alpha = 0.05$, $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 + 2 = 10$

Sehingga diperoleh $t_{\text{tabel}} = 1,812$

Dengan membandingkan t_{tabel} dengan t_{hitung} , ternyata $-t_{\text{tabel}} \leq t_{\text{hitung}} \leq +t_{\text{tabel}}$, atau $-1,812 < 1,283374699 < 1,812$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet
DITERIMA.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet DITOLAK.

Analisa COD dengan menggunakan uji t dengan komposisi serbuk gergaji 10 %. Menunjukkan hasil bahwa nilai t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} ($1,283374699 < 1,812$), maka dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet limbah domestik.

4.1.3. Pembahasan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengujian parameter COD pada penelitian ini menggunakan *membran keramik* dengan variasi komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, karena berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 diketahui bahwa konsentrasi COD masih berada diatas batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair yaitu sebesar 100

mg/L untuk golongan II. Pengambilan sampel COD dilakukan per 30 menit selama 3 jam, baik untuk inlet maupun outletnya, hal ini dikarenakan setiap menitnya konsentrasi COD berubah-ubah. Pengambilan sampel yang dilakukan setiap 30 menit selama 3 jam tersebut untuk mengetahui pada waktu berapakah *membran keramik* paling efektif dalam menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Penghitungan variasi waktu dimulai setelah air limbah mulai merembes (berupa butiran-butiran seperti keringat) keluar melewati pori-pori dinding *membran keramik*, air limbah hasil akhir ditampung di dalam botol sampel kemudian diuji parameter CODnya di laboratorium.

Dari proses *running* yang telah dilakukan, untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 % tidak dapat digunakan dalam penelitian, karena *membran keramik* tersebut tidak mampu mengolah limbah domestik sehingga tidak menghasilkan effluent yang cukup untuk dilakukan penelitian. Hal ini disebabkan limbah domestik dari unit IPAL Sewon Yogyakarta sedikit pekat karena bahan-bahan yang terkandung didalam limbah domestik tersebut. Kandungan limbah domestik berbeda untuk setiap harinya, dengan demikian air limbah domestik tersebut sulit untuk merembes melewati pori-pori *membran keramik* sehingga menyulitkan *membran keramik* untuk mengolah limbah domestik tersebut.

Dari hasil penelitian untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % mampu menurunkan konsentrasi inlet yaitu sebesar **1372,798 mg/L** menjadi sebesar **773,548 mg/L**, untuk *membran keramik* dengan komposisi

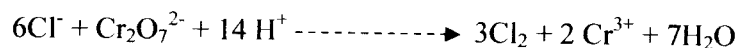
serbuk gergaji 10 % juga mampu menurunkan konsentrasi inlet, sebesar **1016,198 mg/L** menjadi sebesar **774,565 mg/L**.

Diantara kedua buah *membran keramik* tersebut, *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % yang memiliki efektifitas yang tinggi dalam menurunkan konsentrasi COD, hal ini dapat terlihat dari nilai effisiensinya yaitu, **43,65 %** untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan **23,78 %** untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %. Waktu yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi COD adalah pada menit ke-30 untuk kedua buah *membran keramik*, dimana efisiensi yang diperoleh pada menit ke-30 untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % adalah sebesar **43,65 %** dan **23,78 %** untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.

Pada menit ke-150 diperoleh efisiensi removal bernilai negatif untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % yaitu sebesar **-12,00 %**, dimana outlet yang dihasilkan lebih besar dari pada inletnya sehingga efisiensi yang diperoleh bernilai negatif (terjadi kenaikan efisiensi), kemungkinan hal ini disebabkan karena pada bahan buangan organik diperkirakan terdapat unsur *chlorida* yang dapat mengganggu proses reaksi, yaitu mengganggu bekerjanya katalisator perak sulfat/ AgSO_4 . Dimana AgSO_4 berguna untuk mempercepat reaksi dalam proses pemanasan.

Mengurangi ion anorganik tertentu dioksidasi dibawah kondisi rendah pada test COD dan kemudian menyebabkan hasil yang diperoleh yang tak menentu/ tinggi (terjadi gangguan). *Chlorida* menyebabkan masalah yang paling

serius, karena konsentrasinya tinggi dalam air limbah (Clair N Sawyer dkk, 1994). *Chlorida* dapat mengganggu karena ikut teroksidasi oleh *kalium bichromat* sesuai dengan reaksi berikut ini :



(Alaerts, G, 1984)

Apabila dalam larutan air lingkungan terdapat *chlorida*, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui secara benar. Gangguan ini dapat dihilangkan dengan penambahan merkuri sulfat/ HgSO_4 pada sampel, sebelum penambahan reagen lainnya. Penambahan HgSO_4 adalah untuk mengikat ion *chlor* menjadi merkuri chloride mengikuti reaksi berikut ini :



Dengan adanya ion Hg^{2+} ini, konsentrasi ion Cl^- menjadi sangat kecil dan tidak mengganggu oksidasi zat organik dalam tes COD (Wisnu Arya Wardana, 1999).

Penurunan konsentrasi COD dengan menggunakan *membran keramik* juga dapat terjadi karena adanya proses penyaringan (filtrasi) dan penyerapan (adsorpsi), dimana bahan-bahan organik yang terdapat pada air buangan disaring dan diserap oleh *membran keramik*, sehingga menyebabkan bahan-bahan organik menempel pada dinding membran, dan menghasilkan effluent akhir menjadi lebih baik. Ukuran partikel yang terlalu besar akan tertahan di *membran keramik* yang memiliki pori kecil.

Pada prinsipnya penurunan COD dipengaruhi oleh proses adsorpsi/ penyerapan, proses adsorpsi adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi, *membran keramik* memiliki sifat adsorpsi yaitu suatu proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorban akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Proses adsorpsi dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel dengan *membran keramik*, yang merupakan hasil daya tarik menarik elektrostatis antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan (Razif, 1985).

Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, jumlah zat terlarut yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi zat terlarut akan menurun setelah beberapa saat. Kesetimbangan adsorpsi akan tercapai bilamana jumlah molekul yang meninggalkan permukaan adsorban sama dengan jumlah molekul yang diadsorpsi pada permukaan adsorban. Sifat-sifat reaksi adsorpsi yang dapat dilihat dengan mengaitkan kapasitas adsorpsi (massa zat terlarut yang dapat diadsorpsi per satuan massa adsorban) pada konsentrasi kesetimbangan zat terlarut yang tertinggal dalam larutan (T.H.Y. Tebbutt, 1960).

Adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus berupa struktur berpori yang memiliki permukaan yang cukup luas setara dengan volumenya, dimana dalam hal ini *membran keramik* berfungsi sebagai adsorban sedangkan air limbah berfungsi sebagai adsorbat. Weber (1972), dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorban. Adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang dipisahkan

dari pelarutnya, sedangkan adsorban adalah suatu media penyerap. Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat partikel pada permukaan dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap, yaitu :

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

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi, yaitu :

1. Luas permukaan adsorban

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

2. Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

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

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran partikel yang akan masuk kedalam partikel adsorban.

Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang berlebihan pada suatu badan air tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian, karena akan mengganggu proses fotosintesis pada kepentingan pertanian dan menyebabkan ikan-ikan pada mati. Konsentrasi COD setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik*, masih berada diatas batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah Untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair untuk Golongan II, yaitu sebesar 100 mg/L, penurunan konsentrasi COD yang paling efektif setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik* terjadi pada menit ke-30 sebesar 773,548 mg/L untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan 774,565 mg/L untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.

4.2. Hasil Uji Laboratorium Untuk *Total Suspended Solid* (TSS)

4.2.1. Data Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengukuran parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, dengan variasi waktu pengambilan sampel per 30 menit selama 3 jam. Berikut adalah hasil pengukuran dan grafik

konsentrasi COD serta grafik efisiensi removal COD pada *membran keramik* dengan variasi serbuk gergaji.

a. *Membran Keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 %

Dari proses *running* yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 % tidak mampu mengolah air limbah domestik, sehingga *membran keramik* tersebut tidak mampu menghasilkan effluent yang cukup untuk dilakukan penelitian.

b. *Membran Keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %

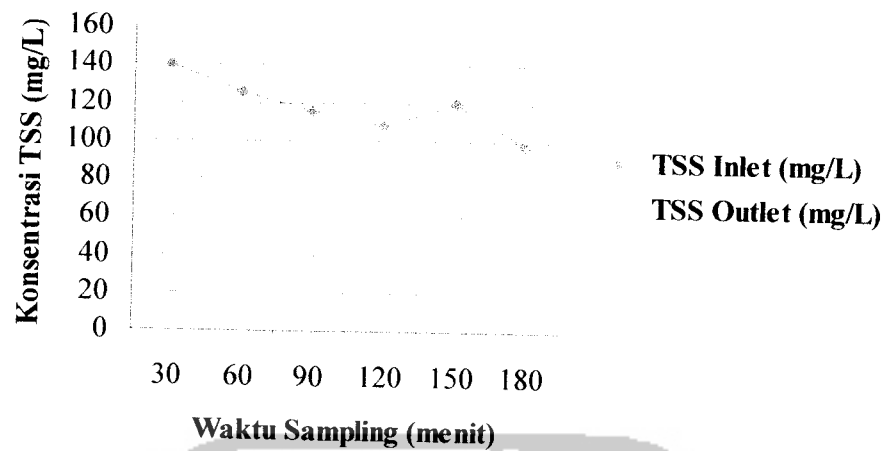
Hasil pengukuran dan grafik konsentrasi TSS serta grafik efisiensi removal TSS pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dapat dilihat pada Tabel 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 berikut ini :

Tabel 4.4. Data Konsentrasi TSS Pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Waktu (Menit)	Berat Kertas Saring Kosong		Berat Kertas Saring Isi		Total Suspended Solid		Efisiensi Removal (%)
	Inlet (gr)	Outlet (gr)	Inlet (gr)	Outlet (gr)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	
30	1,1538	1,1617	1,1573	1,1643	140	103	26,67
60	1,1645	1,1696	1,1676	1,1719	125	90	28,19
90	1,1772	1,1932	1,1801	1,1949	116	66	43,10
120	1,1896	1,1653	1,1923	1,1666	108	49	54,94
150	1,1917	1,1552	1,1947	1,1563	119	42	64,80
180	1,1570	1,1684	1,1594	1,1691	98	26	73,47
					118	63	46,89

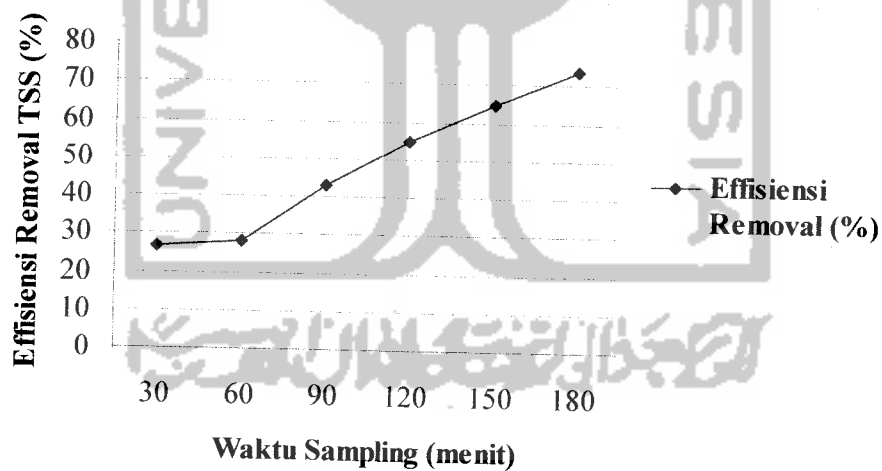
Sumber : Data Primer, 2006

$$\text{Efisiensi rata-rata TSS} = \frac{118 - 63}{118} \times 100 = 46,89\%$$



Gambar 4.5. Konsentrasi TSS Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Grafik hubungan antara efisiensi removal TSS dengan variasi waktu sampling pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6. berikut ini :



Gambar 4.6. Hubungan Effisiensi Removal TSS dengan Variasi Waktu Sampling Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %.

Pada Tabel 4.4. terlihat bahwa efisiensi removal konsentrasi TSS untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit berturut-turut adalah 26,67 %, 28,19 %, 43,10%, 54,94 %, 64,80 %, dan 73,47 % dengan efisiensi removal rata-rata sebesar 46,89 %. Tingkat efisiensi removal yang terendah terjadi pada waktu 30 menit yaitu 26,67 % sedangkan efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu 180 menit yaitu 73,47 %.

c. *Membran Keramik* dengan komposisi Sserbuk gergaji 7,5 %

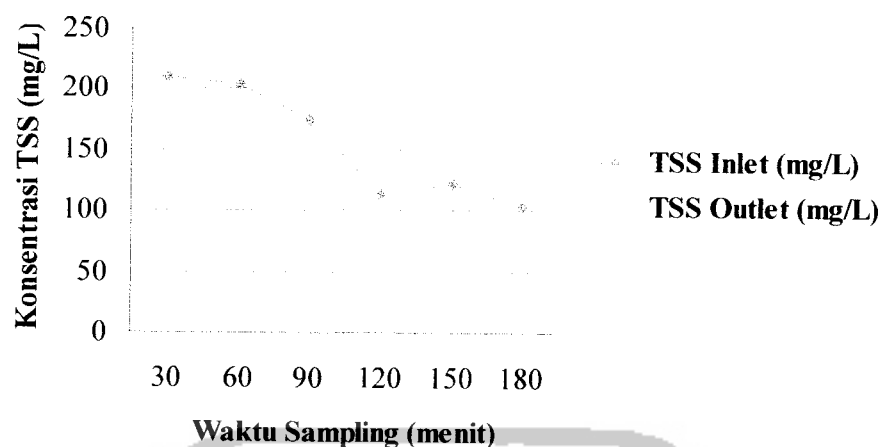
Hasil pengukuran dan grafik konsentrasi TSS serta grafik efisiensi removal TSS pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, dapat dilihat pada Tabel 4.5, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 berikut ini :

Tabel 4.5. Data Konsentrasi TSS pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Waktu (Menit)	Berat Kertas Saring Kosong		Berat Kertas Saring Isi		Total Suspended Solid		Efisiensi Removal (%)
	Inlet (gr)	Outlet (gr)	Inlet (gr)	Outlet (gr)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	
30	1,1598	1,1615	1,1651	1,1655	210	158	24,76
60	1,1739	1,1757	1,1790	1,1793	204	147	27,78
90	1,1255	1,1831	1,1299	1,1859	174	110	36,78
120	1,1580	1,1877	1,1608	1,1893	112	65	41,67
150	1,1686	1,1807	1,1716	1,1820	122	50	59,02
180	1,1878	1,1812	1,1904	1,1821	104	39	62,82
					154	95	38,52

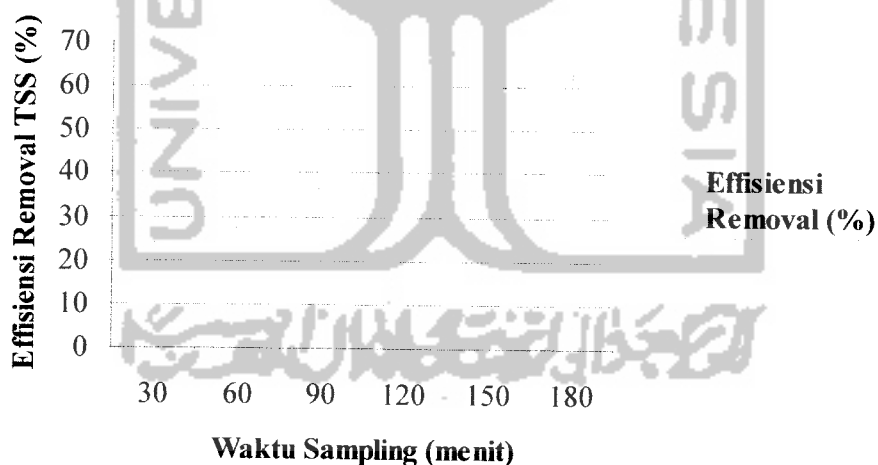
Sumber : Data Primer, 2006

$$\text{Efisiensi rata-rata TSS} = \frac{154 - 95}{154} \times 100 = 38,52 \%$$



Gambar 4.7. Konsentrasi TSS Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Grafik hubungan antara efisiensi removal TSS dengan variasi waktu sampling pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8. berikut ini :



Gambar 4.8. Hubungan Effisiensi Removal TSS dengan Variasi Waktu Sampling Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.

Pada Tabel 4.5. terlihat bahwa efisiensi removal konsentrasi TSS untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit berturut-turut adalah **24,76 %**, **27,78 %**, **36,78 %**, **41,67 %**, **59,02 %**, dan **62,8 %** dengan efisiensi removal rata-rata sebesar **38,52 %**. Tingkat efisiensi removal yang terendah terjadi pada waktu 30 menit yaitu **24,76 %** sedangkan efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu 180 menit yaitu **62,82 %**.

4.2.2. Analisis Data Dengan Menggunakan T-Test

Tujuan dari dilakukannya uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rataan tetapi variannya tidak diketahui.

Adapun rumus uji t dua variabel sebagai berikut :

$$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

r = nilai korelasi X_1 dengan X_2

n = jumlah sampel

\bar{x}_1 = rata-rata sampel ke-1

\bar{x}_2 = rata-rata sampel ke-2

s_1 = standar deviasi sampel ke-1

s_2 = standar deviasi sampel ke-2

S_1 = varians sampel ke-1

S_2 = varians sampel ke-2

4.2.2.1. T-Test Untuk Analisa TSS Pada *Membran Keramik* dengan Komposisi

Serbuk Gergaji 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 117,777778$

$\bar{x}_2 = 62,555556$

Standar deviasi : $s_1 = 14,444786$

$s_2 = 29,413275$

Varians : $S_1 = 208,651852$

$S_2 = 865,140741$

Korelasi : $r_1 = 0,903530$

$t_{hitung} = 4,112401714$

Dengan $\alpha = 0.05$, $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 + 2 = 10$

Sehingga diperoleh $t_{tabel} = 1,812$

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t$ tabel, atau $-1,812 < 4,112401714 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet
DITOLAK.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet DITERIMA.

Analisa TSS dengan menggunakan uji t dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %. Menunjukkan hasil bahwa nilai t hitung lebih besar dari t tabel ($4,112401714 > 1,812$), maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet limbah domestik.

4.2.2.2. T-Test Untuk Analisa TSS Pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 154,333333$

$\bar{x}_2 = 94,888889$

Standar deviasi : $s_1 = 47,588514$

$s_2 = 51,012272$

Varians : $S_1 = 2264666667$

$S_2 = 2602,251852$

Korelasi : $r_1 = 0,984311$

$$t_{\text{hitung}} = 2,109959825$$

$$\text{Dengan } \alpha = 0.05, dk = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 + 2 = 10$$

Sehingga diperoleh t tabel = 1,812

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata $-t_{\text{tabel}} \leq t_{\text{hitung}} \leq +t_{\text{tabel}}$, atau $-1,812 < 2,109959825 < 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet
DITOLAK.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet DITERIMA.

Analisa TSS dengan menggunakan uji t dengan komposisi serbuk gergaji 10 %. Menunjukkan hasil bahwa nilai t hitung lebih besar dari t tabel ($2,109959825 > 1,812$), maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet limbah domestik.

4.2.3. Pembahasan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengujian konsentrasi TSS pada penelitian ini menggunakan *membran keramik* dengan variasi komposisi serbuk gergaji yang sama pada pengujian COD yaitu *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5 % tidak dapat digunakan. Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 diketahui bahwa konsentrasi TSS masih berada diatas batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur

Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair yaitu sebesar 200 mg/L untuk golongan II.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *membran keramik* dapat menurunkan konsentrasi TSS yang terkandung dalam limbah domestik. *Membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % mampu menurunkan konsentrasi inlet sebesar **103 mg/L** menjadi sebesar **26 mg/L**, sedangkan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % mampu menurunkan konsentrasi inlet sebesar **158 mg/L** menjadi sebesar **39 mg/L**.

Dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa variasi waktu berpengaruh terhadap outlet TSS, yaitu dengan bertambahnya waktu maka konsentrasi TSS akan menjadi turun, hal ini ditunjukkan dari hasil TSS yang diperoleh pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %, yaitu 0 menit sebesar **244 mg/L**, 30 menit sebesar **103 mg/L**, 60 menit sebesar **90 mg/L**, 90 menit sebesar **66 mg/L**, 120 menit sebesar **49 mg/L**, 150 menit sebesar **42 mg/L**, 180 menit sebesar **26 mg/L** dan inlet rata-ratanya sebesar **118 mg/L** serta outlet rata-ratanya sebesar **63 mg/L**, untuk hasil TSS yang diperoleh pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %, yaitu 0 menit sebesar **278 mg/L**, 30 menit sebesar **158 mg/L**, 60 menit sebesar **147 mg/L**, 90 menit sebesar **110 mg/L**, 120 menit sebesar **65 mg/L**, 150 menit sebesar **50 mg/L**, 180 menit sebesar **39 mg/L** dan inlet rata-ratanya sebesar **149 mg/L** serta outlet rata-ratanya sebesar **95 mg/L**.

Diantara kedua buah *membran keramik* tersebut, *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % yang memiliki efektifitas yang lebih tinggi dalam menurunkan konsentrasi TSS. Hal ini dapat terlihat dari nilai effisiensinya yaitu, 73,47 % untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan 62,82 % untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %. Waktu yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi TSS adalah pada menit ke-180 untuk kedua buah *membran keramik*, dimana effisiensi yang diperoleh pada menit ke-180 untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % adalah sebesar 73,47 % dan 62,82 % untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.

Penurunan konsentrasi TSS dengan menggunakan *membran keramik* juga dapat terjadi karena adanya proses penyaringan (filtrasi) dan penyerapan (adsorpsi), dimana bahan-bahan organik yang terdapat pada air buangan disaring dan diserap oleh *membran keramik*, sehingga menyebabkan bahan-bahan organik menempel pada dinding membran, dan menghasilkan effluent akhir menjadi lebih baik. Ukuran partikel yang terlalu besar akan tertahan di *membran keramik* yang memiliki pori kecil, dengan adanya proses filtrasi ini partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dalam air limbah tertahan dan menempel pada permukaan dinding *membran keramik*. Diameter porositas *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % sebesar $34,40265 \times 10^{-4} \mu\text{m}$ sedangkan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 % sebesar $33,89180 \times 10^{-4} \mu\text{m}$, karena porositas *membran keramik* terlalu kecil untuk dilewati partikel-partikel zat tersuspensi, maka hanya air yang mampu lolos merembes melewati

membran keramik, dimana ukuran diameter partikel untuk padatan tersuspensi > 1 μm . Dengan ukuran porositas *membran keramik* yang kecil dari pada ukuran diameter zat padat tersuspensi maka *membran keramik* dapat menurunkan konsentrasi TSS, semakin besar ukuran diameter zat padat tersuspensi maka semakin banyak partikel yang tertahan dan menempel pada permukaan dinding *membran keramik* sehingga hasil akhir yang diperoleh semakin baik.

Penurunan TSS juga dipengaruhi oleh proses adsorpsi/ penyerapan yang merupakan mekanisme proses yang terjadi dalam proses filtrasi, hal ini dikarenakan *membran keramik* memiliki sifat adsorpsi, yaitu suatu proses, dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorban akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Proses adsorpsi adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, jumlah zat terlarut yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi zat terlarut akan menurun setelah beberapa saat (T.H.Y. Tebbutt, 1960). Variasi waktu juga berpengaruh terhadap hasil akhir TSS, daya adsorpsi molekul dari suatu adsorbat akan meningkat apabila waktu kontakannya dengan *membran keramik* lama. Makin lama waktu kontakannya akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik sehingga menyebabkan penurunan terhadap parameter TSS.

Weber (1972), dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorban. Adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorban adalah suatu media penyerap, dimana dalam hal

ini *membran keramik* berfungsi sebagai adsorban sedangkan air limbah berfungsi sebagai adsorbat.

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada suatu badan air memiliki konsentrasi yang tinggi maka juga akan mempengaruhi proses fotosintesis, sehingga dapat mengganggu kehidupan mikroorganisme. Konsentrasi TSS setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik*, berada dibawah batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah Untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair untuk Golongan II, yaitu sebesar 200 mg/L, penurunan konsentrasi TSS yang paling efektif setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik* terjadi pada menit ke-180 sebesar **26 mg/L** untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan **39 mg/L** untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.