

4.1. Data Hasil Uji Laboratorium

4.1.1. Biological Oxygen Demand (BOD)

Adapun data hasil uji Biological Oxygen Demand (BOD) dari air buangan peternakan sapi berdasarkan variasi membran keramik yang digunakan, yaitu :

1. Membran keramik 5%

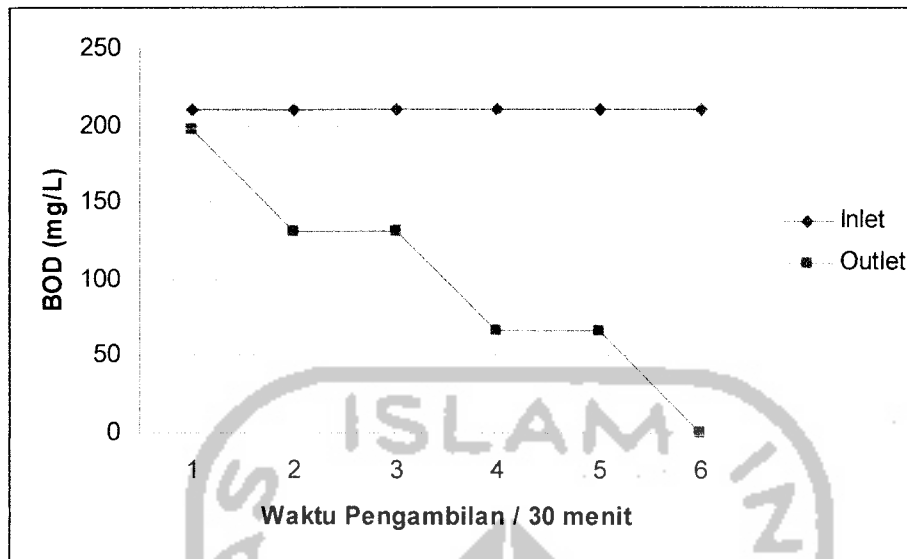
Membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 5% tidak mampu mengolah air buangan peternakan sapi yang memiliki konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) yang sangat tinggi yaitu 318 mg/l. Hal ini disebabkan karena porositas pada membran keramik sangat kecil sehingga air buangan tidak mampu melewati pori-pori pada membran kramik.

2. Membran keramik 7,5%

Adapun data hasil uji laboratorium konsentrasi BOD menggunakan membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji sebanyak 7,5% dari berat tanah, dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1. Penurunan BOD dengan membran keramik 7,5%

| No | Menit ke | Inlet (mg/L) | Outlet (mg/L) | Removal % |
|----|----------|-----------------|------------------|--------------|
| 1 | 30 | 210.30912 | 197.1648 | 6.25 |
| 2 | 60 | 210.30912 | 131.4432 | 37.5 |
| 3 | 90 | 210.30912 | 131.4432 | 37.5 |
| 4 | 120 | 210.30912 | 65.7216 | 68.75 |
| 5 | 150 | 210.30912 | 65.7216 | 68.75 |
| 6 | 180 | 210.30912 | 0.0004 | 99.99981 |



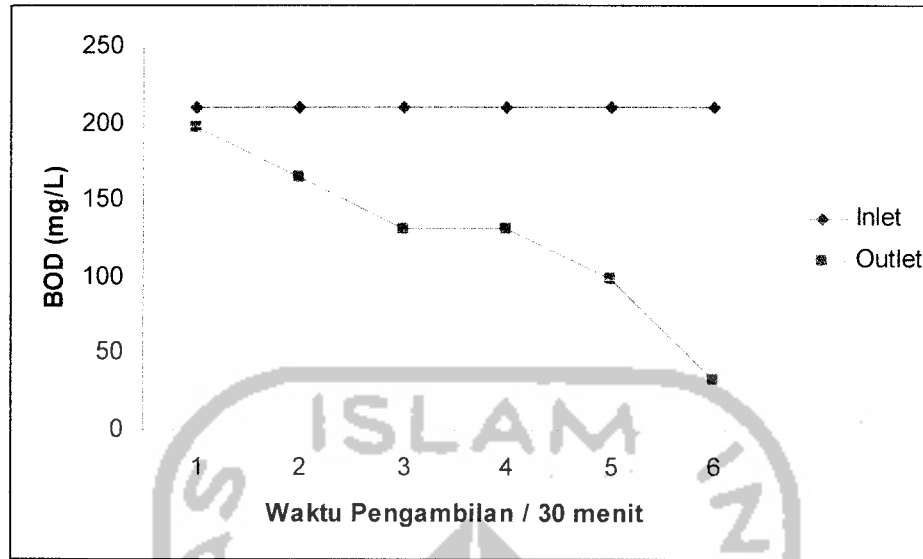
Gambar 4.1. Penurunan BOD dengan membran keramik 7,5%

3. Membran keramik 10%

Adapun data hasil uji laboratorium konsentrasi BOD menggunakan membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji sebanyak 10% dari berat tanah, dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2. Penurunan BOD dengan membran keramik 10%

| No | Menit ke | Inlet (mg/L) | Outlet (mg/L) | Removal % |
|----|----------|--------------|---------------|-----------|
| 1 | 30 | 210.30912 | 197.1648 | 6.25 |
| 2 | 60 | 210.30912 | 164.304 | 21.875 |
| 3 | 90 | 210.30912 | 131.4432 | 37.5 |
| 4 | 120 | 210.30912 | 131.4432 | 37.5 |
| 5 | 150 | 210.30912 | 97.8696 | 53.46393 |
| 6 | 180 | 210.30912 | 32.8608 | 84.375 |



Gambar 4.2. Penurunan BOD dengan membran keramik 10%

4.1.2. Total Suspended Solid (TSS)

Adapun data hasil uji Total Suspended Solid (TSS) dari air buangan peternakan sapi berdasarkan variasi membran keramik yang digunakan, yaitu :

1. Membran keramik 5%

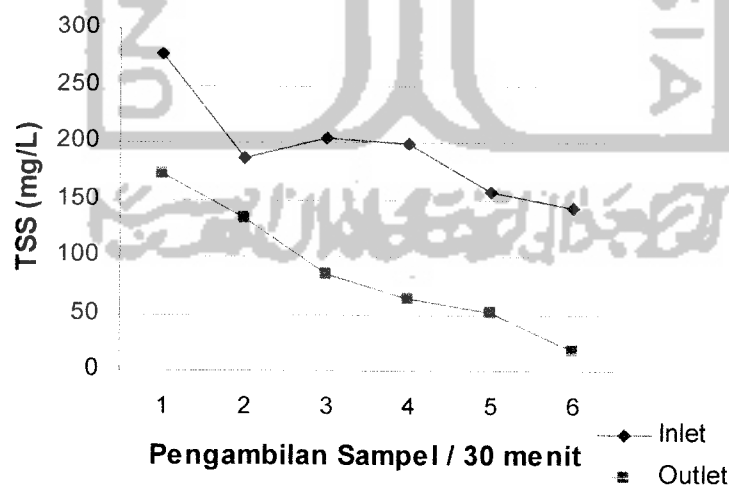
Membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 5% tidak mampu mengolah air buangan peternakan sapi yang memiliki konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) yang sangat tinggi yaitu 318 mg/L. Hal ini disebabkan karena porositas pada membran keramik sangat kecil sehingga air buangan tidak mampu melewati pori-pori pada membran keramik.

2. Membran keramik 7,5%

Adapun data hasil uji laboratorium konsentrasi TSS menggunakan membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji sebanyak 7,5% dari berat tanah, dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3. Penurunan TSS dengan membran keramik 7,5%

| No | Menit ke | Inlet (mg/L) | Outlet (mg/L) | Removal % |
|----|----------|--------------|---------------|-----------|
| 1 | 30 | 277 | 172 | 37.90614 |
| 2 | 60 | 186 | 133 | 28.49462 |
| 3 | 90 | 204 | 84 | 58.82353 |
| 4 | 120 | 198 | 63 | 68.18182 |
| 5 | 150 | 157 | 51 | 67.51592 |
| 6 | 180 | 142 | 18 | 87.32394 |



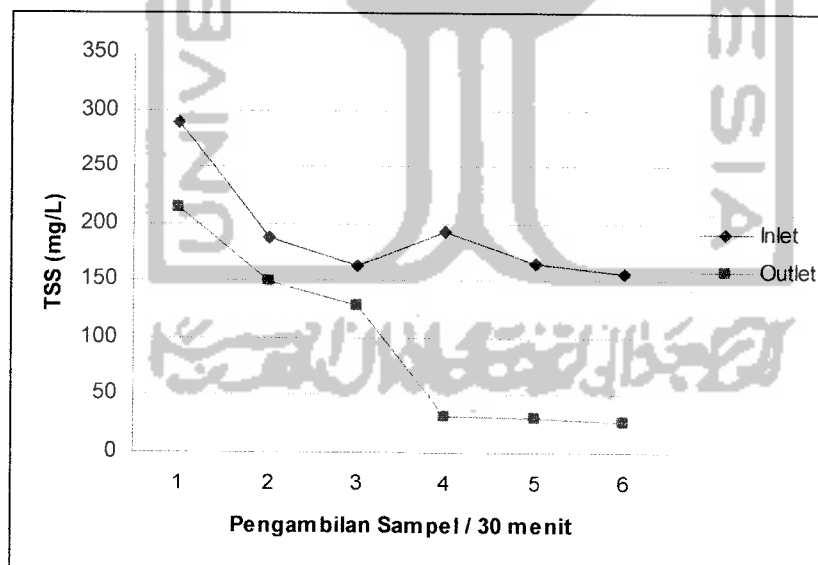
Gambar 4.3. Penurunan TSS dengan membran keramik 7,5%

3. Membran keramik 10%

Adapun data hasil uji laboratorium konsentrasi TSS menggunakan membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji sebanyak 10% dari berat tanah, dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4. Penurunan TSS dengan membran keramik 10%

| No | Menit ke | Inlet (mg/L) | Outlet (mg/L) | Removal % |
|----|----------|--------------|---------------|-----------|
| 1 | 30 | 289 | 213 | 26.29758 |
| 2 | 60 | 188 | 148 | 21.2766 |
| 3 | 90 | 163 | 127 | 22.08589 |
| 4 | 120 | 192 | 31 | 83.85417 |
| 5 | 150 | 165 | 29 | 82.42424 |
| 6 | 180 | 155 | 27 | 82.58065 |



Gambar 4.4. Penurunan TSS dengan membran keramik 10%

4.2 Analisis Data

4.2.1 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

4.2.1.1 T-Test Untuk Analisa BOD Pada Komposisi Media 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata} \quad : \bar{x}_1 = 210,30912$$

$$\bar{x}_2 = 98,58246667$$

$$\text{Standar deviasi} \quad : s_1 = 4,82525E-06$$

$$s_2 = 68,92928118$$

$$\text{Varians} \quad : S_1 = 2,32831E-11$$

$$S_2 = 4751,245804$$

$$\text{Korelasi} \quad : r_1 = 2,22689E-11$$

$$t_{\text{hitung}} = 3,901629333$$

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

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

Dengan membandingkan t_{tabel} dengan t_{hitung} , ternyata $-t_{\text{tabel}} \leq t_{\text{hitung}} \leq +t_{\text{tabel}}$, atau $-1,812 < 3,901629333 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet **DITERIMA**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet **DITOLAK**

4.2.1.2 T-Test Untuk Analisa BOD Pada Komposisi Media 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata} \quad : \bar{x}_1 = 210,30912$$

$$\bar{x}_2 = 125,8476$$

$$\text{Standar deviasi} \quad : s_1 = 4,82525E-06$$

$$s_2 = 56,66916737$$

$$\text{Varians} \quad : S_1 = 2,32831E-11$$

$$S_2 = 3211,394531$$

$$\text{Korelasi} \quad : r_1 = 0,000315059$$

$$t_{\text{hitung}} = 3,574364367$$

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

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 $-1,812 < 3,574364367 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet **DITERIMA**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet **DITOLAK**

4.2.1.3 T-Test Untuk Analisa TSS Pada Komposisi Media 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 194$

$\bar{x}_2 = 86,83333333$

Standar deviasi : $s_1 = 47,20593183$

$s_2 = 56,53818768$

Varians : $S_1 = 2228,4$

$S_2 = 3196,566667$

Korelasi : $r_1 = 0,001469308$

$t_{\text{hitung}} = 3,519461891$

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 $-1,812 < 3,519461891 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITERIMA**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITOLAK**

4.2.1.4 T-Test Untuk Analisa TSS Pada Komposisi Media 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata} \quad : \bar{x}_1 = 192$$

$$\bar{x}_2 = 95,83333333$$

$$\text{Standar deviasi} \quad : s_1 = 49,72725611$$

$$s_2 = 78,52239596$$

$$\text{Varians} \quad : S_1 = 2472,8$$

$$S_2 = 6165,766667$$

$$\text{Korelasi} \quad : r_1 = 0,001929686$$

$$t_{\text{hitung}} = 2,506738927$$

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

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 $-1,812 < 2,506738927 > 1,812$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITERIMA**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITOLAK**

4.3. Pembahasan Terhadap Hasil Uji Laboratorium

4.3.1. Penurunan Konsentrasi Biological Oxygen Demand (BOD)

Penelitian yang dilakukan terhadap limbah peternakan sapi berasal dari CV. Lembah Hijau Multifarm (LHM) solo, Jawa Tengah, dengan menggunakan membran keramik sebagai media pengolahan air limbah yang terdiri dari 3 variasi membran keramik yaitu 5%, 7.5%, dan 10% konsentrasi serbuk gergaji.

Biological Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa organik ini digunakan oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (*Pescod, 1973*).

BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi.

Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada reaktor membran keramik 7,5% dan reaktor membran keramik 10% tidak terjadi penurunan konsentrasi BOD pada inlet yaitu sebesar 210,30912 mg/L, Hal ini dapat terjadi karena selama pemeriksaan BOD, contoh yang akan diperiksa tidak mengalami aerasi maupun kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas, baik

pada proses pengambilan maupun pada proses pemeriksaan contoh limbah peternakan. Hal ini perlu diperhatikan mengingat kelarutan oksigen dalam air terbatas dan hanya berkisar ± 9 ppm pada suhu 20°C (Sawyer & Mc Carthy, 1978).

Sedangkan untuk outlet yang dihasilkan dari pengolahan dengan menggunakan membran keramik 7,5% dan membran keramik 10%, menunjukkan hasil yang sangat signifikan yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Pada membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 7,5%, reaktor dapat menurunkan konsentrasi BOD sampai dengan 99.99981 % pada menit ke 180 dengan nilai konsentrasi BOD sebesar 0,0004 mg/L. Sedangkan pada membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 10%, reaktor dapat menurunkan konsentrasi BOD sampai dengan 84.375 % pada menit ke 180 dengan konsentrasi BOD sebesar 32.8608 mg/L.

Selain hal tersebut diatas, penurunan konsentrasi BOD 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. Dengan tekanan yang kuat menyebabkan bahan-bahan organik menempel pada dinding membran, sehingga air yang keluar menjadi lebih bersih.

Bahan-bahan organik merupakan makanan dan sumber energi bagi mikroorganisme, dengan berkurangnya bahan-bahan organik maka dapat pula mengurangi pertumbuhan mikroorganismenya yang terdapat dalam air buangan sehingga kebutuhan oksigen menjadi berkurang. Hal ini dapat terjadi karena tanah lempung memiliki sifat plastis, yaitu sifat yang memungkinkan tanah lempung

untuk dibentuk dan dibakar (*Grim, 1953*). Dengan bakaran yang rendah antara 900°C sampai dengan 1050°C tanah lempung tetap kuat dan dapat mengeluarkan air melalui pori yang terdapat pada tanah lempung dan serbuk gergaji.

Proses filtrasi pada membran keramik berfungsi untuk menyaring dan menangkap bahan-bahan padat, bahan-bahan terlarut dan bahan-bahan tersuspensi yang terdapat pada air buangan. Sedangkan proses penurunan konsentrasi BOD dengan menggunakan membran keramik sangat dipengaruhi oleh proses adsorpsi, hal ini dapat terjadi karena adanya aerasi pada air buangan selama proses adsorpsi berlangsung. Aerasi terjadi karena adanya udara pada pori-pori membran keramik, semakin kecil ukuran pori maka semakin luas permukaannya dan daya serap semakin tinggi sehingga proses aerasi pun semakin besar.

Hal tersebut diatas dapat terjadi karena pada membran keramik yang memiliki pori yang lebih kecil terjadi proses aerasi yang maksimal, dimana air yang terserap oleh membran keramik dibagi dalam bentuk yang lebih kecil sehingga proses aerasi lebih merata dan maksimal. Sedangkan pada membran keramik yang memiliki pori yang lebih besar air buangan yang terserap pun menjadi lebih besar menyebabkan proses aerasi yang berlangsung tidak maksimal.

Dengan kombinasi campuran tanah lempung, pasir kuarsa, dan serbuk gergaji, membuat membran keramik sebagai alat penyaring yang dapat menurunkan konsentrasi BOD pada air buangan peternakan secara maksimal. Hal ini dapat terjadi karena membran keramik memiliki sifat adsorpsi, yaitu suatu

proses, dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (*Reynolds, 1982*).

4.3.2. Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air buangan setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron (*Sugiharto, 1987*). Total Suspended Solid menyebabkan kekeruhan air, tidak larut, dan tidak dapat mengendap langsung.

Total Suspended Solid (TSS) dapat melayang di dalam air dan akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Padahal sinar matahari sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk melakukan fotosintesis. Karena tidak adanya sinar matahari maka proses fotosintesis tidak dapat berlangsung dan akibatnya kehidupan mikroorganisme jadi terganggu.

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, pada reaktor membran keramik 7,5% dan membran keramik 10% menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi TSS pada inlet yang disebabkan karena terjadinya proses pengendapan partikel-partikel yang terdapat dalam air buangan. Hal ini dapat terjadi karena kondisi air buangan pada inlet sangat tenang (laminer) sehingga partikel-partikel yang memiliki berat yang lebih besar mudah untuk mengendap.

Sementara itu, outlet yang dihasilkan dari pengolahan air buangan peternakan sapi menggunakan membran keramik menunjukkan hasil yang sangat baik, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4. Pada Tabel 4.3 dan Tabel

4.4 dapat dilihat efisiensi membran keramik dalam menurunkan konsentrasi TSS yang terdapat pada air buangan. Membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 7,5% mampu menurunkan konsentrasi TSS sampai dengan 87.32394% dari konsentrasi 142 mg/L menjadi 18 mg/L pada menit ke 180. Sedangkan membran keramik dengan konsentrasi serbuk gergaji 10%, mampu menurunkan konsentrasi TSS sampai dengan 83.85417% dari konsentrasi 192 mg/L menjadi 31 mg/L pada menit ke 120.

Hal tersebut diatas dapat terjadi karena membran keramik memiliki kemampuan untuk menyaring (filtrasi) dan menyerap (adsorpsi) padatan tersuspensi (Total Suspended Solid) yang terdapat pada air buangan. Membran keramik sebagai penyaring (filter), karena pada membran keramik terdapat campuran serbuk gergaji berukuran 50 mesh yang berfungsi untuk merembeskan air. Sedangkan fungsi membran keramik sebagai penyerap (adsorpsi) dapat terjadi karena pada membran keramik terdapat mineral lempung yang dapat dengan mudah menyerap beberapa molekul organik yang terdapat di dalam air buangan. Pada beberapa kejadian, terutama untuk molekul organik tak berkutub, kekuatan interaksi antara mineral lempung dengan bahan organik relatif lemah, hanya sesuai dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

1. Ikatan hidrogen

Ikatan hidrogen adalah ikatan antara atom-atom yang terdapat pada air (H_2O) yang membentuk kutub-kutub (polar)

2. Kekuatan ion dwi-kutub

Kekuatan ion dwi-kutub adalah molekul-molekul air yang berkelakuan seperti batang-batang kecil yang mempunyai muatan positif di satu sisi dan muatan negatif di sisi yang lain.

3. Pertukaran ion

Pertukaran ion adalah pertukaran elektrik pada partikel-partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralkan, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion lain pada larutan yang encer (*Van Olphen, 1963*).

Tanah lempung memiliki sifat plastis yang memungkinkan tanah lempung untuk menyerap air pada bakaran yang rendah. 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 adsorben

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

2. Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorbsinya. 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 kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar antara 10 – 15 menit (*Reynolds, 1982*).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran partikel yang mau masuk kedalam partikel adsorben.

Penurunan konsentrasi Biological Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) pada limbah peternakan sapi dapat pula terjadi, karena pada membran terdapat 3 proses yang mempengaruhi efektifitas kerja membran selain yang telah disebutkan diatas. Proses tersebut antara lain:

1. Osmosis balik

Osmosis balik merupakan suatu proses yang terjadi karena adanya tekanan yang berasal dari pompa sehingga membran mampu menahan semua ion dan melepaskan air yang terdapat didalam membran.

2. Elektrodialisis

Elektrodialisis adalah proses perpindahan ion melalui membran yang terjadi karena adanya aliran searah, artinya bahwa aliran air menyusuri membran sedangkan ionnya tegak lurus membran (menembus).

3. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi juga merupakan proses bertekanan untuk memisahkan larutan yang mengandung koloid, padatan terlarut, dan bahan-bahan yang memiliki berat molekul tinggi.

Konsentrasi Biological Oxygen Demand (BOD) yang berlebihan pada suatu badan air, dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri patogen yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Bila konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) pada suatu badan air memiliki konsentrasi yang tinggi maka akan mempengaruhi proses fotosintesis, sehingga dapat mengganggu kehidupan mikroorganisme. Konsentrasi BOD dan TSS setelah melalui proses pengolahan dengan membran keramik, berada dibawah standart baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh IPTEKDA – Pusat Penelitian Kimia - LIPI yaitu 50 mg/L untuk BOD dan 100 mg/L untuk TSS.