

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

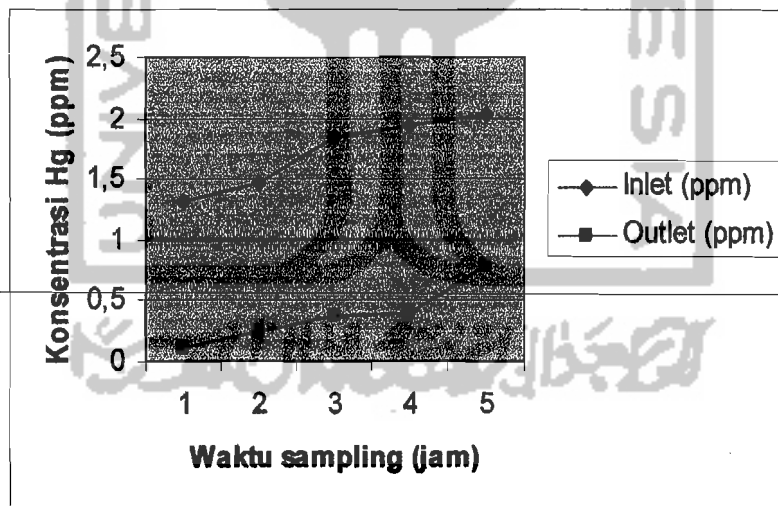
4.1 Hasil Penelitian Parameter Merkuri (Hg)

Berikut adalah hasil pengukuran dan grafik konsentrasi Merkuri (Hg) didalam reaktor membran keramik dengan variasi serbuk gergaji.

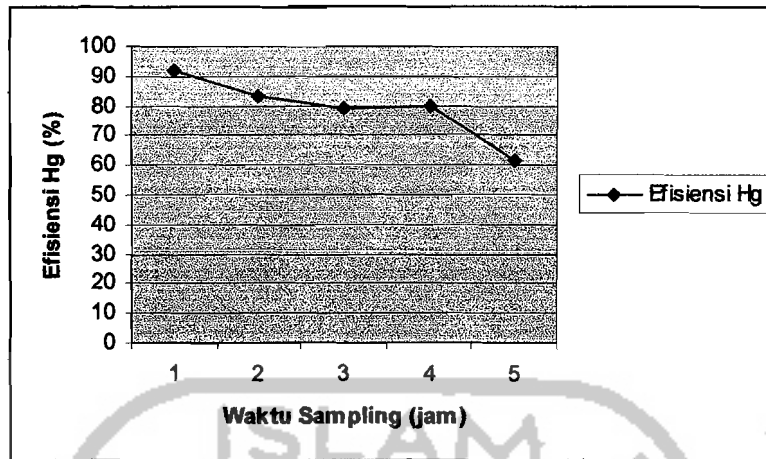
- a. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Tabel 4.1 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %

Waktu (jam)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
1	1,318	0,107	91,8816
2	1,459	0,248	83,0021
3	1,842	0,383	79,2074
4	1,935	0,395	79,5866
5	2,039	0,792	61,1574



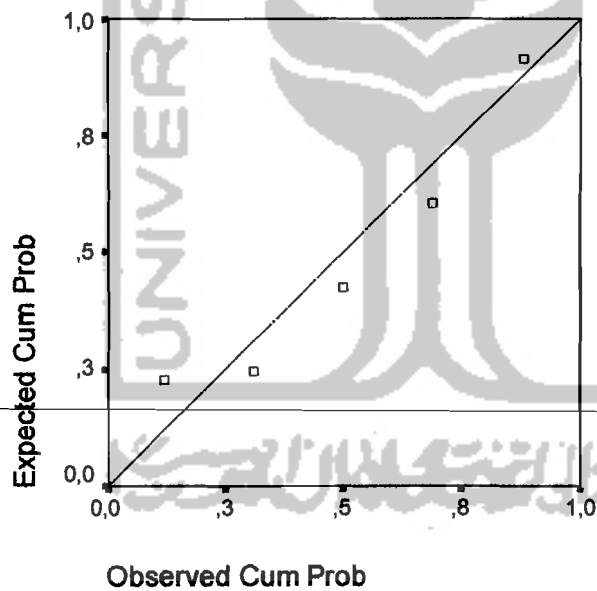
Gambar 4.1 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %



Gambar 4.2 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %

Normal P-P Plot of Regression :

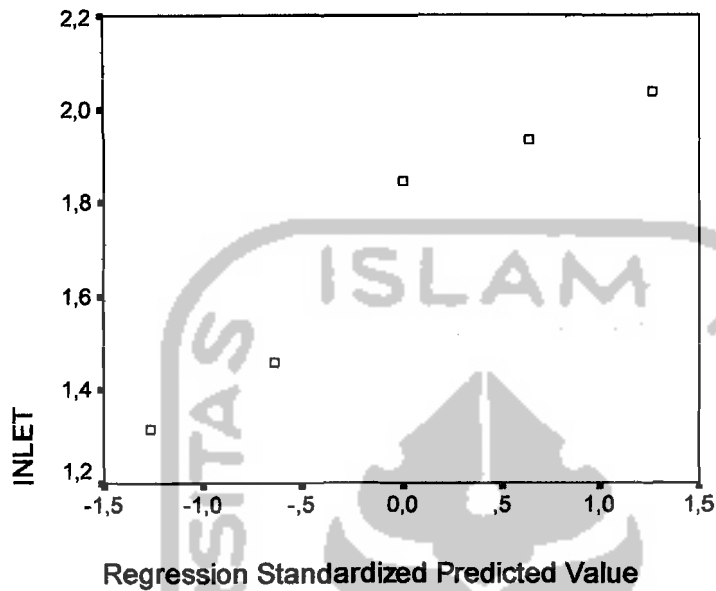
Dependent Variable: INLET



Gambar 4.3 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 7,5 %

Scatterplot

Dependent Variable: INLET



Gambar 4.4 Dependent Variable Inlet pada Membran Keramik 7,5 %

Tabel 4.2 Data Koefisien Pada Inlet 7,5 %

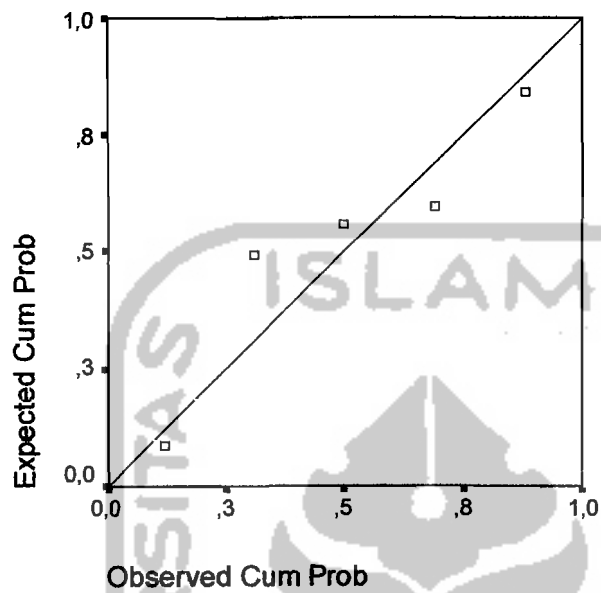
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,143	,095		12,010	,001
	WAKTU	,192	,029	,968	6,683	,007

a. Dependent Variable: INLET

Normal P-P Plot of Regression :

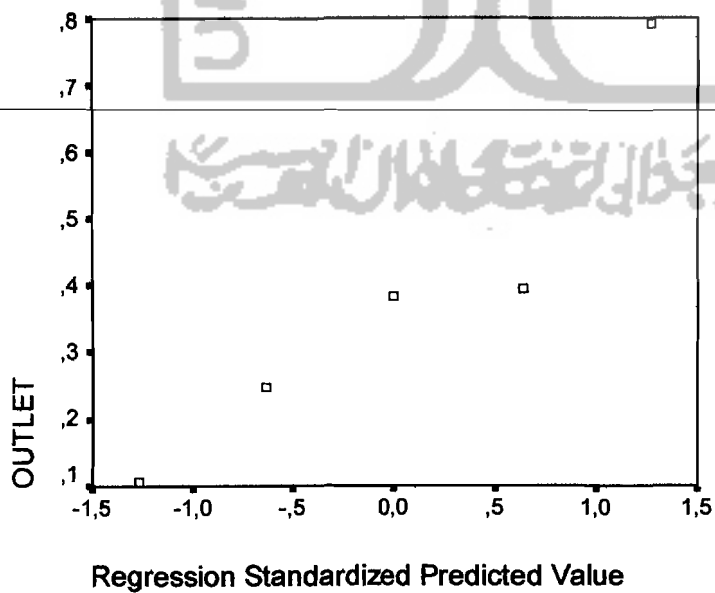
Dependent Variable: OUTLET



Gambar 4.5 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 7,5 %

Scatterplot

Dependent Variable: OUTLET



Gambar 4.6 Dependent Variable Outlet pada Membran Keramik 7,5 %

Tabel 4.3 Data Koefisien Pada Outlet 7,5 %

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-7,01E-02	,108		-,650	,562
	WAKTU	,152	,032	,938	4,668	,019

a. Dependent Variable: OUTLET

Adapun hasil pengujian konsentrasi Hg dapat dilihat. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2, efisiensi dari penggunaan membran keramik 7,5 % dalam menurunkan konsentrasi Hg berturut-turut per 1 jam dalam waktu 5 jam yaitu 91,8816 %, 83,0021 %, 79,2074 %, 79,5866, 61,1574 %. Dari hasil yang didapatkan untuk penurunan konsentrasi Hg dapat dikatakan bahwa efisiensinya mengalami penurunan dimana efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 1 yaitu sebesar 91,8816 %. Pada uji regresi linier pada inlet dan outletnya berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.5 hasilnya menunjukkan adanya kecenderungan untuk naik, dan didapatkan nilai persamaan pada inlet dan outletnya sebagai berikut :

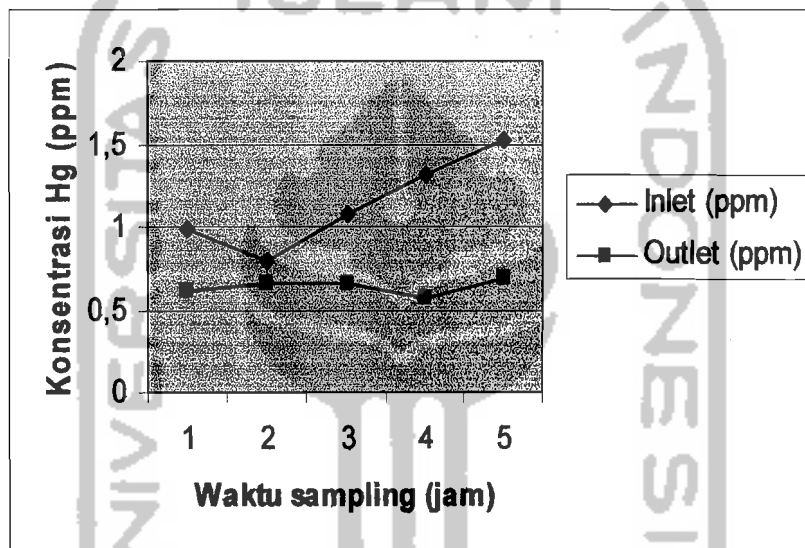
- $Y = 1,142 + 0,192 X$
- $Y = -7,01 * 10^{-2} + 0,152 X$

Persamaan ini didapat dari nilai B pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untuk mendapatkan nilai dari titik jenuh pada membran keramik.

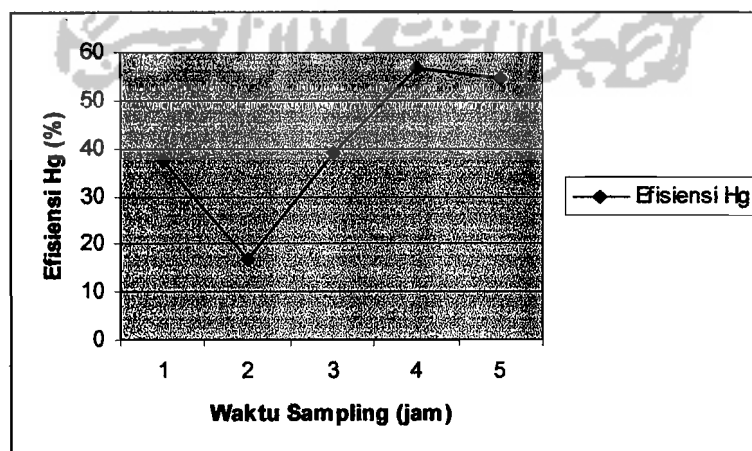
b. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Tabel 4.4 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %

Waktu (jam)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
1	0,978	0,611	37,5256
2	0,793	0,661	16,6456
3	1,068	0,65	39,1386
4	1,318	0,572	56,6009
5	1,524	0,693	54,5276



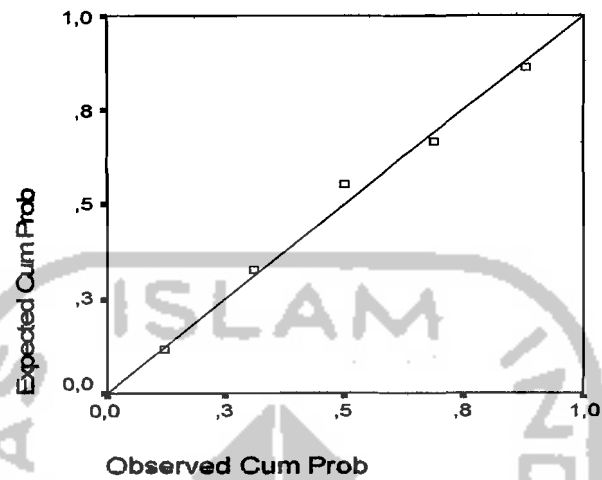
Gambar 4.7 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %



Gambar 4.8 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %

Normal P-P Plot of Regression :

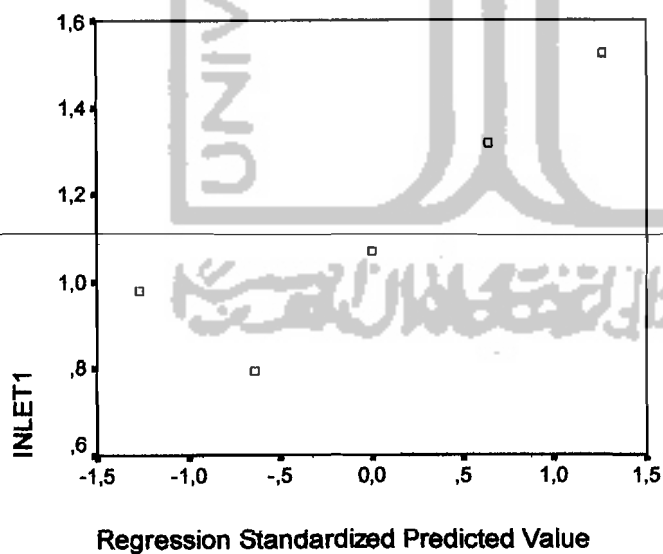
Dependent Variable: INLET1



Gambar 4.9 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 10 %

Scatterplot

Dependent Variable: INLET1



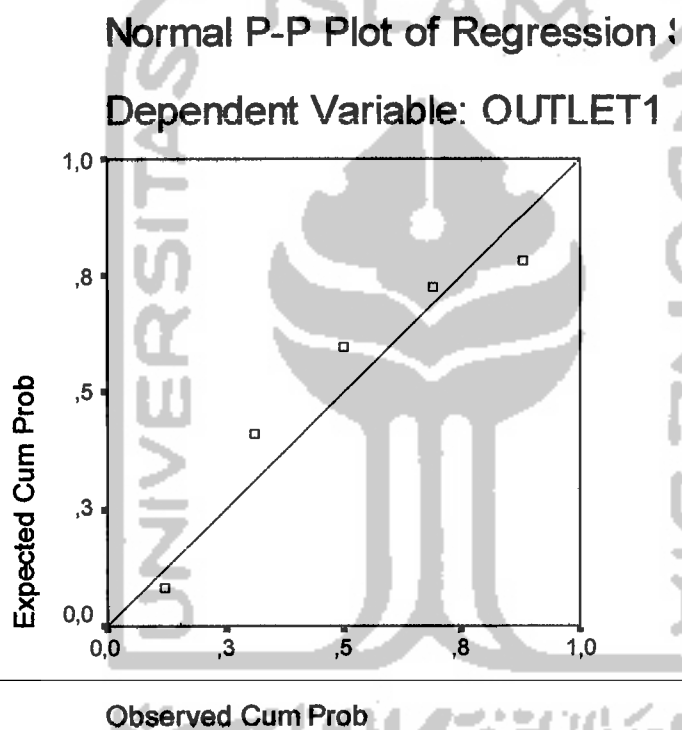
Gambar 4.10 Dependent Variable Inlet pada Membran Keramik 10 %

Tabel 4.5 Data Koefisien Pada Inlet 10 %

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,651	,160		4,081	,027
	WAKTU1	,162	,048	,889	3,361	,044

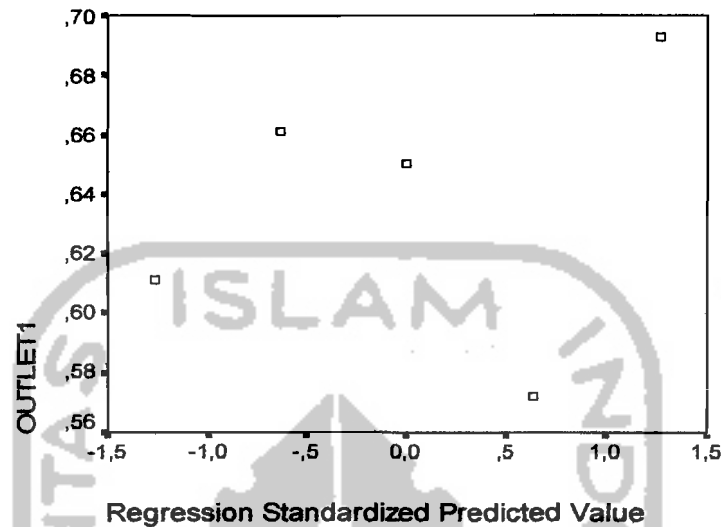
a. Dependent Variable: INLET1



Gambar 4.11 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 10 %

Scatterplot

Dependent Variable: OUTLET1



Gambar 4.12 Dependent Variable Outlet pada Membran Keramik 10 %

Tabel 4.6 Data Koefisien Pada Outlet 10 %

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,615	,055		11,201	,002
	WAKTU1	7,500E-03	,017	,253	,453	,681

a. Dependent Variable: OUTLET1

Sedangkan untuk hasil pengujian untuk komposisi serbuk gergaji 10 % dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.8, efisiensi dari penggunaan membran keramik 10 % dalam menurunkan konsentrasi Hg berturut-turut per 1 jam yaitu dalam waktu 5 jam yaitu 37,5256 %, 16,6456 %, 39,1386 %, 56,6009 %, 54,5276 %. Dari hasil yang didapatkan untuk penurunan konsentrasi Hg dapat dikatakan bahwa efisiensinya mengalami penurunan pada jam ke-2 dan kembali naik di jam

berikutnya dimana efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 4 yaitu sebesar 56,6009 %. Pada uji regresi linier pada inlet dan outletnya berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.11 hasilnya menunjukkan adanya kecenderungan untuk naik, dan didapatkan nilai persamaan pada inlet dan outletnya sebagai berikut :

- $Y = 0,651 + 0,162 X$
- $Y = 0,615 + 7,5 \cdot 10^{-3} X$

Persamaan ini didapat dari nilai B pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untuk mendapatkan nilai dari titik jenuh yang ingin diketahui pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.

4.2 Analisa Data Merkuri (Hg)

4.2.1 T-Test untuk Analisa Merkuri pada Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} & : \bar{x}_1 = 1,7186 \\ & \bar{x}_2 = 0,385 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi} & : s_1 = 0,3132831 \\ & s_2 = 0,2558349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Varians} & : S_1 = 0,0981463 \\ & S_2 = 0,0654515 \end{aligned}$$

$$\text{Korelasi} : r_1 = 0,87104288$$

$$t_{\text{hitung}} = 2,0810$$

$$\text{Dengan } \alpha = 0.05, dk = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

Sehingga diperoleh t tabel = 1,860

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t$ tabel, atau $-1,860 < 2,0810 > 1,860$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan, bahwa terjadi perbedaan konsentrasi Merkuri (Hg) yang signifikan antara inlet dan outlet pada limbah laboratorium, ini berdasarkan bahwa nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel ($2,0810 > 1,860$).

4.2.2 T-Test untuk Analisa Merkuri pada Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	: \bar{x}_1	= 1,1362
	: \bar{x}_2	= 0,6374
Standar deviasi	: s_1	= 0,28762163
	: s_2	= 0,04685403
Varians	: S_1	= 0,0827262
	: S_2	= 0,0021953
Korelasi	: r_1	= 0,09070785

$$t_{\text{hitung}} = 4,1277$$

$$\text{Dengan } \alpha = 0.05, dk = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

$$\text{Sehingga diperoleh } t \text{ tabel} = 1,860$$

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t$ tabel, atau $-1,860 < 4,1277 > 1,860$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Sehingga dapat disimpulkan, terjadi perbedaan yang cukup signifikan pada konsentrasi Merkuri (Hg) di antara inlet dan outlet pada membran keramik dengan

komposisi serbuk gergaji 10 %, ini berdasarkan bahwa nilai t hitung lebih besar bila dibandingkan dengan nilai t tabel ($4,1277 > 1,860$).

Hasil uji t-test yang terdapat diatas tadi akan dibandingkan dengan uji t-test dengan SPSS

Tabel 4.7 Uji Korelasi

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 INLET75 & OUTLET75	5	,871	,055
Pair 2 INLET10 & OUTLET10	5	,091	,885

Pada Tabel 4.3 diapatkan hasil bahwa pada pada komposisi serbuk gergaji 7,5 % didapatkan korelasi 0,871 dan pada 10 % didapatkan korelasi 0,091, data – data tersebut menunjukkan pada membran keramik 7,5 % terdapat hubungan antara inlet dan outlet yang bagus karena nilai korelasinya mendekati 1, sedangkan untuk membran keramik 10 % walaupun nilai untuk korelasinya masih berada dalam range antara 0 dan 1, tetapi nilainya mendekati 0, ini menunjukkan bahwa hampir tidak ada hubungan antar inlet dan outletnya.

Tabel 4.8 Uji Detail

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 INLET75 - OUTLET75	1,33360	,154828	,069241	1,14136	1,52584	19,260	4	,000
Pair 2 INLET10 - OUTLET10	,49880	,287188	,128434	,14221	,85539	3,884	4	,018

Pada Tabel 4.4 dilakukan uji detail dengan keakuratan 95 %, dimana bila nilai signifikasi kurang dari 0,05 Ho ditolak atau berdasarkan hasil perhitungan didapat pada 7,5 % nilainya 0,00 dan pada 10 % didapat 0,018 dari kedua nilai

signifikansi tersebut kurang dari 0.05, hal ini berarti bahwa untuk kedua variabel yang dibandingkan terdapat perbedaan.

Tabel 4.9 Uji Tukey
Multiple Comparisons

Dependent Variable: NILAI
Tukey HSD

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1,00	2,00	,1175	,61349	1,000	-2,3435	2,5785
	3,00	-,1495	,61349	,999	-2,6105	2,3115
	4,00	-,3540	,61349	,973	-2,8150	2,1070
	5,00	-,2500	,61349	,992	-2,7110	2,2110
2,00	1,00	-,1175	,61349	1,000	-2,5785	2,3435
	3,00	-,2670	,61349	,990	-2,7280	2,1940
	4,00	-,4715	,61349	,930	-2,9325	1,9895
	5,00	-,3675	,61349	,969	-2,8285	2,0935
3,00	1,00	,1495	,61349	,999	-2,3115	2,6105
	2,00	,2670	,61349	,990	-2,1940	2,7280
	4,00	-,2045	,61349	,996	-2,6655	2,2565
	5,00	-,1005	,61349	1,000	-2,5615	2,3605
4,00	1,00	,3540	,61349	,973	-2,1070	2,8150
	2,00	,4715	,61349	,930	-1,9895	2,9325
	3,00	,2045	,61349	,996	-2,2565	2,6655
	5,00	,1040	,61349	1,000	-2,3570	2,5650
5,00	1,00	,2500	,61349	,992	-2,2110	2,7110
	2,00	,3675	,61349	,969	-2,0935	2,8285
	3,00	,1005	,61349	1,000	-2,3605	2,5615
	4,00	-,1040	,61349	1,000	-2,5650	2,3570

Pada Tabel 4.5 dilakukan perhitungan dengan uji Tukey atau uji perbandingan ganda untuk mengetahui pada komposisi dan pada waktu beberapa yang paling optimum untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah cair laboratorium, tetapi karena data yang ada terlalu sedikit sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan perhitungan pertiap komposisi serbuk gergaji oleh sebab itu dilakukan perhitungan secara umum dengan menyatukan data pada

membran keramik 7,5 % dengan membran keramik 10 %. Dari Tabel 4.9 diperoleh kesimpulan bahwa, jam ke-2 < jam ke-1 < jam ke-3 < jam ke-5 < jam ke-4, sehingga didapat waktu yang paling optimum untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada jam ke-4 pada komposisi sebuk gergaji 7,5 % dan 10 %.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 bahwa bila dibandingkan dengan uji t-test pada program excel menunjukkan kesimpulan yang sama.

4.3 Pembahasan Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar Hg yang bervariasi pada limbah laboratorium, setelah pengolahan dengan menggunakan membran keramik terjadi penurunan kadar konsentrasi Hg, walaupun masih melebihi persyaratan ambang batas menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L yang terkandung dalam air limbah laboratorium.

Dipilihnya komposisi sebuk gergaji 7,5 % dan 10 % karena dari penelitian sebelumnya menunjukkan penurunan yang signifikan dari konsentrasi pada beberapa parameter, tetapi karena belum ada pengolahan dari sumber air limbah laboratorium karena itu digunakanlah komposisi ini, sedangkan untuk variasi waktu yang digunakan dianggap cukup untuk mewakili sampel percobaan yang ingin di uji.

Ukuran partikel dari Merkuri (Hg), 3×10^{-4} mikron yang lebih kecil dari pada pori-pori $34,4026 \times 10^{-4}$ mikron pada 7,5 % dan $33,8918 \times 10^{-4}$ mikron pada 10 % menyebabkan partikel akan lolos pada saat penyaringan akan tetapi adanya proses adsorpsi menyebabkan partikel diserap oleh membran keramik sehingga partikel akan menempel pada dinding keramik. Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, pada penelitian ini membran keramik sebagai adsorban dan limbah laboratorium sebagai adsorbat, maka jumlah partikel yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi merkuri di outlet menjadi menurun, karena sifat dari logam merkuri yang bermuatan positif sehingga terjadi gaya tarik – menarik dengan bahan dasar keramik yaitu mineral lempung, senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahendra yang bermuatan negatif. Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran Hg^+ dan Hg^{2+} pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektrik. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion, sehingga dapat terserap pada dinding keramik.

Adanya peningkatan pada konsentrasi outlet setiap jam dipengaruhi meningkatnya konsentrasi setiap jam pada inlet dan selain itu interaksi persaingan antara adsorbate yang berbeda – beda (COD, warna, logam berat, campuran organik, dll) akan mengurangi kapasitas penyaringan dari adsorben (K. Vasanth Kumar dkk dalam Trikarini, T. 2005). Ukuran molekulnya juga berbeda – beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang

lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalannya masuknya molekul yang lebih kecil (Trikarini, T. 2005) Selain itu dalam proses adsorpsi perlu diperhatikan komposisi ion dan pengaruh elektrolit lain yang terdapat dalam air limbah. Kehadiran logam pada limbah juga mempunyai pengaruh besar terhadap adsorpsi bahan organik, karena ion logam bermuatan positif pada permukaan membran akan meningkatkan energi atraksi (Cheremisinoof, dalam Trikarini, T. 2005). Proses adsorpsi Merkuri (Hg) perlu diperhatikan komposisi ion Pb(II) dan Cu(II) serta pengaruh elektrolit lain yang terdapat dalam air limbah (Goel J, 2004 dalam Trikarini, T. 2005). Pengukuran pH untuk penelitian selanjutnya sangat diperlukan karena dengan adanya pengujian terhadap nilai pH menurut Wehman, kapasitas penyerapan merkuri akan meningkat ketika pH menurun dari 9-2 (Cheremisinoff, dalam Trikarini, T. 2005).

Daya adsorpsi molekul dari suatu adsorbat akan meningkat apabila waktu kontak dengan membran keramik lama. Makin lama waktu kontak akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik sehingga dapat menyebabkan penurunan pada konsentrasi Merkuri (Hg).

Disamping itu, proses adsorpsi yang terjadi dipengaruhi oleh bahan penyerap (adsorben). 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. Kesetimbangan adsorpsi akan tercapai bilamana jumlah molekul yang meninggalkan permukaan adsorban sama

dengan jumlah molekul yang diadsorpsi pada permukaan adsorban. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap (adsorban), 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 sangat mempengaruhi proses adsorpsi dan 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 adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, dalam Nutayla, N. 2005)

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 kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

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

Penurunan konsentrasi Merkuri (Hg) pada membran keramik komposisi serbuk gergaji 7,5 dan 10 % untuk mendapatkan waktu jenuh pada kedua komposisi, dengan menggunakan metode SPSS dengan uji Regresi linier didapatkan hasil pada kedua komposisi menunjukkan trend yang dihasilkan dari Gambar 4.3, Gambar 4.5, Gambar 4.9, dan Gambar 4.11 adanya kecenderungan untuk naik dan berdasarkan pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 menunjukkan dari nilai persamaan yang ada didapatkan bahwa tidak ditemukan titik jenuh pada komposisi serbuk gergaji 7,5 % maupun komposisi yang 10 % disebabkan kurangnya data yang ada penelitian ini, karena itu perlu pada penelitian berikutnya untuk menambah variasi waktu untuk mendapatkan titik jenuh.

Akan tetapi hasil uji laboratorium dari pengolahan limbah laboratorium menggunakan membran keramik dengan komposisi 7,5 % dan 10 % masih melebihi persyaratan ambang batas menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L yang terkandung dalam air limbah laboratorium. Oleh sebab itu perlu adanya pengolahan alternatif awal untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah laboratorium sebelum diolah dengan

menggunakan membran keramik, alternatif pengolahan awalnya dapat dengan menggunakan mikroorganisme untuk meremoval kandungan logam merkuri pada limbah laboratorium, untuk mengurangi konsentrasi merkuri (Hg) pada limbah laboratorium dilaporkan sel immobilisasi dari *chlorella emersoni* dapat mengakumulasi merkuri lebih tinggi dibandingkan dengan sel tanpa immobilisasi (Augusto da Costa, dkk, dalam Suhendrayatna. 2001). Tetapi alternatif pengolahan ini juga memiliki kelemahan karena pada proses adsorpsinya sensitif terhadap pH dan spesifikasi logam (L.E. Mascaskie, dalam Suhendrayatna. 2001) dalam alternatif pengolahan lainnya dapat juga dengan filter karbon aktif arang tempurung kelapa yang dapat menurunkan efisiensi kandungan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah dengan efisiensi sampai 90,4 % (Trikarini, T. 2005) sehingga apabila kedua penelitian ini diharapkan dapat menurunkan konsentrasi merkuri (Hg) dibawah standar baku mutu yang diijinkan, menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L, tetapi bila yang diinginkan proses pengolahan yang mandiri, maka pada penelitian yang selanjutnya untuk memperbesar reaktor membran keramik dengan komposisi yang sama, agar dapat diketahui apakah dengan memperbesar ukuran membran dapat menurunkan konsentrasi Hg di bawah standar baku mutu.