

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas laboratorium merupakan salah satu aktivitas yang menghasilkan limbah beracun yang apabila tanpa pengolahan lebih lanjut akan sangat berbahaya bagi lingkungan. Salah satu parameter yang terkandung dari limbah laboratorium tersebut adalah COD dan  $\text{NH}_3$ .

COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

$\text{NH}_3$  pada suhu dan tekanan standar berbentuk gas yang bersifat racun, korosif pada beberapa material dan memiliki bau yang sangat tajam.

Pengolahan dari limbah laboratorium ini menggunakan reaktor aerokarbonfilter yaitu reaktor dengan kombinasi unit-unit aerasi, adsorpsi dan filtrasi yang disusun dalam satu kesatuan. Diharapkan dengan kombinasi dari unit-unit pengolahan tersebut dihasilkan limbah dengan kandungan COD dan  $\text{NH}_3$  yang tidak melebihi standar kualitas air buangan.

Adapun pengujian dilakukan pada inlet, outlet aerasi, outlet media adsorpsi dan outlet filtrasi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak enam kali yaitu pada menit 0, 30, 60, 90, 120 dan 150. Pengujian dilakukan untuk mengetahui konsentrasi COD dan  $\text{NH}_3$  dalam limbah cair laboratorium Universitas Islam Indonesia. Hasil analisa laboratorium untuk konsentrasi COD dan  $\text{NH}_3$  diharapkan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam

peraturan pemerintah No.82 tahun 2001, dimana batas maksimum untuk parameter COD sebesar 25 mg/lit dan NH<sub>3</sub> sebesar 1 mg/lit. Pemeriksaan konsentrasi COD dan NH<sub>3</sub> dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Hasil analisis mencakup konsentrasi COD dan NH<sub>3</sub> yang terkandung dalam limbah cair laboratorium Universitas Islam Indonesia, yaitu pada inlet, outlet aerasi, outlet adsorpsi, dan outlet filtrasi.

Untuk perhitungan prosentase dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = (C_0 - C_1) / C_0 \times 100 \% \quad 4.1$$

Dimana :

$\eta$  = Tingkat efisiensi (%)

$C_0$  = konsentrasi parameter uji di inlet

$C_1$  = konsentrasi parameter uji di outlet

#### 4.1 Penurunan konsentrasi COD dan NH<sub>3</sub> pada proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi terhadap variasi waktu percobaan.

##### 4.1.1 Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD)

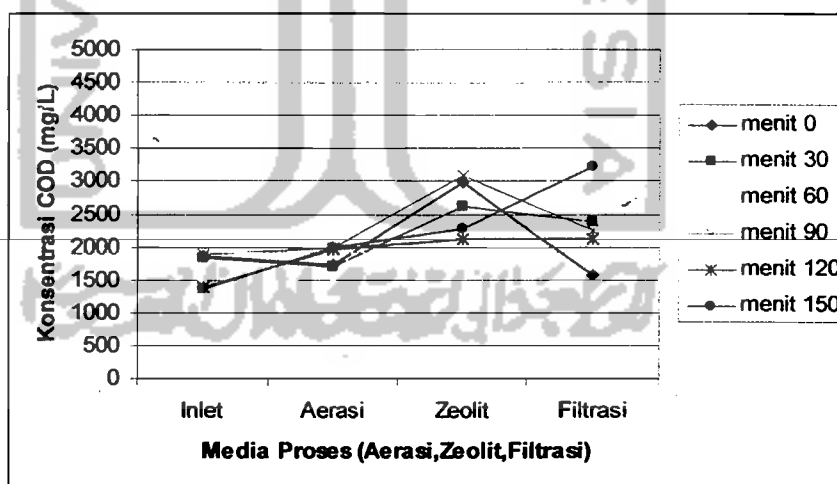
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia maka di peroleh konsentrasi pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hubungan waktu dengan konsentrasi COD terhadap proses Aerasi, Pasir Zeolit dan Filtrasi.

Menit	Inlet awal	Aerasi		Pasir Zeolit		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/lt)	Konsentrasi (mg/lt)	$\eta$ (%)	Konsentrasi (mg/lt)	$\eta$ (%)	Konsentrasi (mg/lt)	$\eta$ (%)
0	1847,6	1738	5,9	2978	-71,3*	1568,9	47,3
30	1834,6	1703,4	7,1	2610,9	-53,2*	2377,7	8,9
60	1529,9	1470,2	3,9	4583,4	-211,7*	2220	51,5
90	1879,4	2001	-6,4*	3090,1	-54,4*	2258,1	26,9
120	1385,5	1970,5	-42,2*	2108,8	-7,02*	2121,8	-0,62*
150	1353,4	1991,3	-47,1*	2274,2	-14,2*	3214,5	-41,3*

Keterangan : \* = Terjadi Kenaikan

Berdasarkan tabel hasil percobaan tersebut, maka dapat diplotkan grafik yang menjelaskan perbandingan antara konsentrasi COD pada variasi waktu percobaan terhadap media proses yaitu proses yang terjadi di aerasi, adsorpsi, dan filtrasi.



Gambar 4. 1 Grafik perbandingan konsentrasi COD dengan waktu terhadap proses

Jika dilihat dari Tabel 4.1, pada setiap variasi waktu dari menit ke 0, 30, 60, 90, 120 dan 150 percobaan terjadi kenaikan dan penurunan konsentrasi COD di Inlet awal. Salah satu faktor penyebabnya adalah sebelum limbah dipompakan ke inlet, tidak terjadi pengadukan (homogenisasi) yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut. Inlet sebagai perbandingan pada proses adsorpsi (pasir zeolit) adalah diambil dari konsentrasi outlet dari proses aerasi, begitu juga untuk inlet proses filtrasi adalah konsentrasi dari outlet pada proses adsorpsi (pasir zeolit).

Berikut adalah proses penurunan konsentrasi COD terhadap setiap proses yang terjadi di reaktor Aerokarbonfilter.

#### **4.1.1.1 Penurunan Konsentrasi COD Inlet terhadap proses Aerasi**

Pada proses aerasi menggunakan jenis multiple tray aerasi dengan jumlah tray 4 buah, jarak tiap tray 8 cm. Pada proses aerasi ini diharapkan terjadi penurunan konsentrasi COD. Pada proses aerasi ini terjadi reaksi antara COD dengan  $O_2$  sehingga dapat berlangsung proses oksidasi bahan organik di dalam limbah.

Dari efisiensi yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 konsentrasi COD turun pada menit ke 0, 30, dan 60. Penurunan konsentrasi COD pada menit ke 0 adalah sebesar 5,93% dimana terjadi transfer gas yang baik pada menit awal penelitian. Pada menit ke 30 penurunan konsentrasi terjadi sebesar 7,15% namun pada menit ke 60 penurunan hanya terjadi sebesar 3,91%. Penurunan pada outlet aerasi pada menit tersebut terjadi karena kontak oksigen dengan limbah telah berlangsung

sempurna. Penurunan konsentrasi COD juga tergantung pada lamanya waktu aerasi, karena dengan semakin lama waktu aerasi maka konsentrasi COD akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu aerasi maka semakin besar pula oksigennya. Sehingga tingkat oksidasi bahan organik semakin tinggi. Semakin banyak bahan organik yang teroksidasi maka konsentrasi COD dalam limbah semakin kecil. Efisiensi removal pada menit ke 60 tidak mengalami peningkatan dari menit ke 30. Hal ini dikarenakan pada menit ke 60 kondisi tray sudah mulai kotor oleh endapan limbah itu sendiri. Sehingga kontak limbah dengan oksigen tidak berlangsung sempurna. Hal ini berpengaruh pada menit ke 90, 120, dan 150 dimana tidak terjadi penurunan konsentrasi COD melainkan terjadi peningkatan konsentrasi pada outlet aerasi. Ini dikarenakan kondisi tray pada menit tersebut sudah tertutup oleh endapan limbah. Endapan tersebut terakumulasi dan terbawa oleh aliran limbah sehingga konsentrasi limbah tersebut meningkat.

#### **4.1.1.2 Penurunan konsentrasi COD inlet keluaran dari proses aerasi terhadap proses adsorpsi dengan pasir zeolit**

Dari efisiensi yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 konsentrasi COD mengalami peningkatan pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120, dan 150. Terjadinya peningkatan konsentrasi pada tiap menit percobaan dikarenakan zeolit tidak mampu mengadsorpsi limbah. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini berukuran  $\pm 1$  cm dan digunakan tanpa aktivasi terlebih dahulu. Pada umumnya zeolit alam tanpa perlakuan banyak memiliki kekurangan- kekurangan, hal ini

dikarenakan zeolit alam masih mengandung pengotor-pengotor organik dan anorganik dan juga struktur kerangka aluminasilikanya masih tidak teratur. Dengan aktivasi terlebih dahulu baik secara fisik maupun kimia akan mempengaruhi proses adsorpsi dari zeolit sebab mengakibatkan terbukanya sistem pori dan memperbesar luas permukaan zeolit.

Selain itu karena pekatnya limbah yang melewati media zeolit. Kepekatan ini berpengaruh pada kemampuan adsorpsi limbah. Sebab jarak antara partikel bahan yang akan diserap terlalu dekat sehingga gaya tarik menarik antara penyerap dan bahan yang akan diserap cukup besar dan terjadi penarikan serentak terhadap bahan yang akan diserap sehingga terjadi penarikan secara bersama-sama hal ini dapat mengakibatkan tertutupnya pori mikro dalam penyerap. Limbah laboratorium termasuk limbah yang sangat asam dengan kisaran pH 2. Keasaman limbah tersebut juga berpengaruh pada adsorpsi limbah sebab zeolit dengan kandungan Al yang cukup besar mempunyai kestabilan yang rendah terhadap asam. Dalam kondisi yang relatif asam, konsentrasi  $H^+$  (proton) yang relatif tinggi akan menyerang sisi aluminat yang ada dalam kerangka zeolit. Hal ini dapat menyebabkan putusannya ikatan antara Al - O dan Si - O dalam kerangka struktur, sehingga zeolit dapat mengalami kerusakan (Dewi, 1999). Sehingga pengotor-pengotor organik yang terdapat pada zeolit ikut larut dalam limbah menyebabkan konsentrasi limbah meningkat. Tingkat adsorpsi pada zeolit sangat dipengaruhi oleh pH. Sebab pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Senyawa asam organik dapat diadsorpsi pada pH yang rendah (asam) dan sebaliknya bahan organik dapat diadsorpsi pada pH 8-9 (Reynold, 1992)

#### **4.1.1.3 Penurunan konsentrasi COD inlet terhadap proses filtrasi dengan menggunakan pasir kuarsa dan kerikil**

Proses yang terjadi dalam filtrasi yaitu proses penyaringan. Tipe saringan yang digunakan saringan pasir cepat sedangkan media filtrasi yang digunakan pasir kuarsa dan kerikil. Pasir kuarsa digunakan untuk menyaring COD, sedangkan kerikil sebagai media penyangga pasir kuarsa. Filter pasir kuarsa ini mempunyai fungsi hampir sama dengan zeolit, dimana pasir ini dapat menghilangkan bau, rasa, warna dan sekaligus logam berat karena mempunyai daya serap yang baik. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 konsentrasi COD yang melewati media filter dapat turun dengan baik. Artinya media filter yang tersusun atas pasir kuarsa dan kerikil dapat menyaring bahan-bahan organik pada limbah. Penurunan konsentrasi COD terjadi pada menit ke 0, 30, 60 dan 90. Penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada menit ke 60 dimana konsentrasi inlet zeolit 4583,46 mg/lit turun menjadi 2220,04 mg/lit atau terjadi efisiensi removal sebesar 51,56%.

Namun pada menit ke 120 dan 150 terjadi kenaikan konsentrasi. Ini dikarenakan media filter telah jenuh. Media filter pada reaktor memiliki ketebalan  $\pm$  40 cm. Ketebalan media filter tersebut hanya dapat menurunkan konsentrasi hingga menit ke 90. Sebab kotoran-kotoran yang tertahan pada media filter ikut terbawa oleh aliran limbah sehingga konsentrasi pada outlet filtrasi mengalami kenaikan. Selain itu limbah laboratorium merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan, sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda. Situasi ini

akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalan masuknya molekul yang lebih kecil.

#### 4.1.2 Konsentrasi dan efisiensi total reaktor antara inlet awal dengan outlet filtrasi pada reaktor Aerokarbonfilter.

Berikut adalah akan dibahas efisiensi total dari reaktor aerokarbonfilter jika dibandingkan antara konsentrasi inlet awal sebelum melewati proses pada reaktor dengan konsentrasi outlet akhir yang merupakan hasil ahir dari proses filtrasi. Data hasil penelitian parameter COD untuk konsentrasi dan efisiensi total reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter COD antara inlet dengan outlet filtrasi.

Menit	Inlet awal	Outlet Filtrasi	$\eta$ (%)
	Konsentrasi (mg/l)	Konsentrasi (mg/l)	
0	1847,67	1568,90	15,09
30	1834,69	2377,73	-29,60*
60	1529,98	2220,04	-45,10*
90	1879,46	2258,19	-20,15*
120	1385,51	2121,86	-53,15*
150	1353,46	3214,55	-137,51*

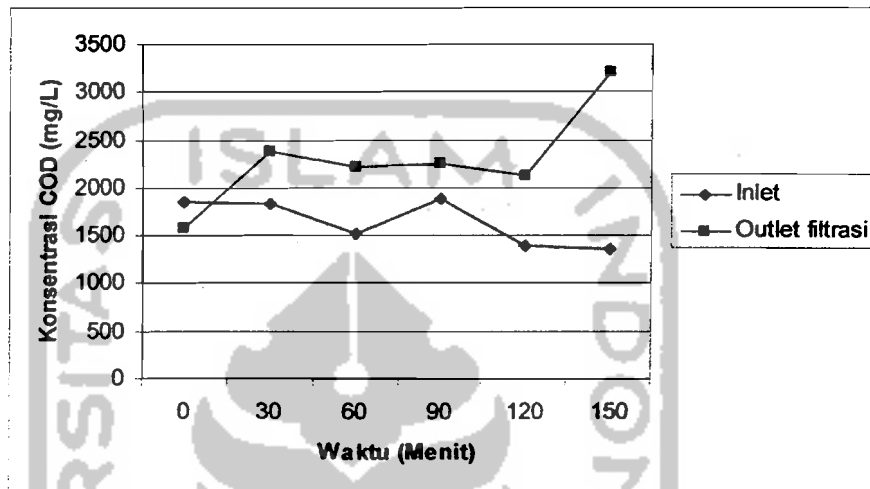
Keterangan : \* = Terjadi Kenaikan

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan reaktor tidak dapat menurunkan konsentrasi COD dengan baik. Penurunan hanya terjadi pada menit ke 0 sebesar 15,09%. Pada menit selanjutnya terjadi peningkatan dimana konsentrasi outlet lebih besar dibandingkan konsentrasi inlet. Hal ini terjadi karena konsentrasi limbah yang terlalu pekat dan waktu tinggal yang terlalu kecil

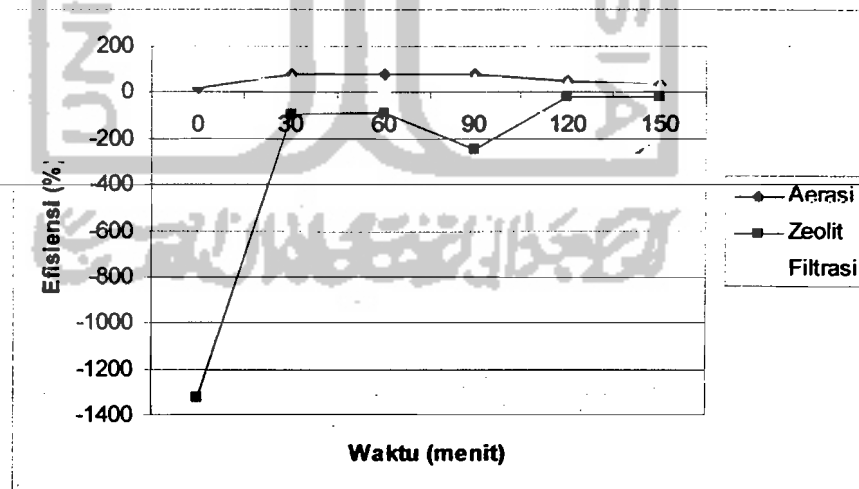


sehingga kontak yang terjadi antara limbah dengan unit-unit dari reaktor tidak berlangsung lama.

Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dan efisiensi total reaktor terhadap waktu antara inlet awal dan outlet filtrasi



Gambar 4. 2 Grafik konsentrasi COD pada inlet dan outlet akhir pada berbagai variasi waktu percobaan



Gambar 4. 3 Grafik efisiensi konsentrasi COD pada berbagai waktu pada proses aerokarbonfilter

Pada Gambar 4.2 konsentrasi inlet dan outlet filtrasi mengalami kenaikan dan penurunan. Dapat dilihat disini bahwa reaktor tidak efisien dalam menurunkan konsentrasi COD. Pada gambar 4.3 efisiensi removal hanya terjadi pada unit aerasi dan filtrasi. Secara keseluruhan reaktor ini tidak dapat bekerja optimal untuk menurunkan konsentrasi COD pada limbah laboratorium. Limbah laboratorium menurut ambang batas Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air kelas II masih melebihi konsentrasi yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan dimana konsentrasi COD yang diizinkan adalah sebesar 25 mg/l.

#### 4.1.3. Penurunan Konsentrasi Amoniak ( $\text{NH}_3$ )

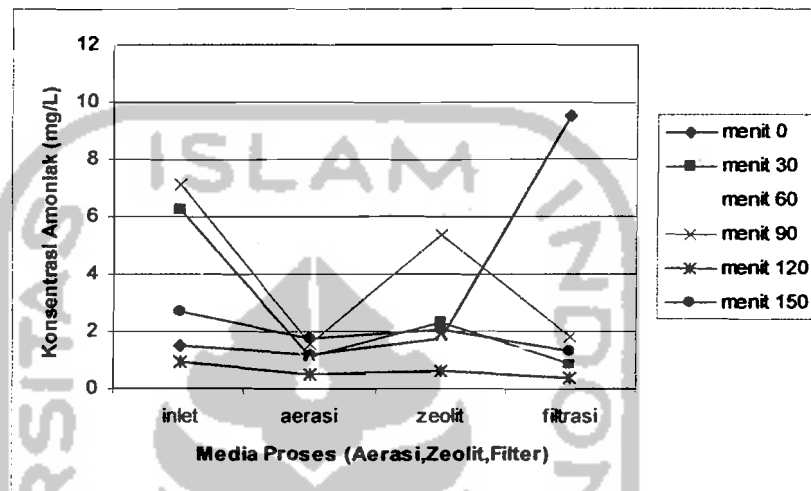
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia maka di peroleh konsentrasi pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hubungan waktu dengan konsentrasi  $\text{NH}_3$  terhadap proses Aerasi, Pasir Zeolit dan Filtrasi.

Menit	Inlet awal	Aerasi		Pasir Zeolit		Filtrasi	
	Konsentrasi (mg/l)	Konsentrasi (mg/l)	$\eta$ (%)	Konsentrasi (mg/l)	$\eta$ (%)	Konsentrasi (mg/l)	$\eta$ (%)
0	1,53	1,21	20,92	17,3	-1327*	9,53	44,80
30	6,25	1,16	81,52	2,29	-98,27*	0,87	62,01
60	4,62	0,91	80,30	1,72	-88,46*	1,26	26,53
90	7,13	1,56	78,12	5,39	-245,5*	1,83	66,05
120	0,95	0,52	45,50	0,63	-21,36*	0,37	40,80
150	2,70	1,74	35,62	2,08	-19,60*	1,31	36,87

Keterangan : \* = Terjadi Kenaikan

Berdasarkan tabel hasil percobaan tersebut, maka dapat diplotkan grafik yang menjelaskan perbandingan antara konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada variasi waktu percobaan terhadap media proses yaitu proses yang terjadi di aerasi, adsorpsi, dan filtrasi.



Gambar 4. 4 Grafik perbandingan konsentrasi dengan waktu terhadap media proses

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat konsentrasi inlet mengalami naik turun ini disebabkan kurang sempurnanya proses pengadukan sehingga limbah menjadi tidak homogen. Konsentrasi inlet tertinggi terjadi pada menit ke 90 yaitu sebesar 7,13 mg/l.

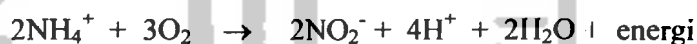
#### 4.1.3.1 Penurunan Konsentrasi $\text{NH}_3$ Inlet terhadap proses Aerasi

Dapat dilihat dari Tabel 4.3 terjadi penurunan konsentrasi  $\text{NH}_3$  secara beraturan. Disini proses aerasi berlangsung dengan sempurna dari menit ke 0, 30, 60, dan 90. Walaupun pada menit ke 120 dan 150 terjadi penurunan konsentrasi COD tetapi efisiensi yang dihasilkan tidak semakin tinggi tetapi turun

dibandingkan dengan konsentrasi pada menit-menit sebelumnya. Hal ini terjadi karena konsentrasi inlet yang semakin turun. Namun secara keseluruhan proses aerasi telah dapat menurunkan konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120, dan 150. *Amoniak* pada suhu dan tekanan yang standar berbentuk gas yang beracun dan sangat korosif.  $\text{NH}_3$  tersebut dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi sampai menjadi  $\text{N}_2$  bebas. *Amoniak* dapat hilang dengan meningkatnya kecepatan angin dan suhu.  $\text{NH}_3$  yang larut dalam air akan mengambil proton dari air membentuk ion amonium seperti pada reaksi berikut ini :



Amonium yang larut dalam air ini jika bereaksi dengan oksigen maka akan membentuk nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan jika terus berlagsung kontak dengan oksigen akan menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amoniak dan nitrat. Seperti pada reaksi berikut ini :



Nitrit dapat membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan hemaglobin dalam darah tidak dapat mengangkut oksigen lagi. Nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan merupakan unsur penting untuk sintesa protein tumbuh-tumbuhan dan hewan, tetapi nitrat dalam konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang menyebabkan kematian ikan.

#### 4.1.3.2 Penurunan konsentrasi $\text{NH}_3$ inlet keluaran dari proses aerasi terhadap proses adsorpsi dengan pasir zeolit

Dilihat dari Tabel 4.3 bahwa konsentrasi  $\text{NH}_3$  setelah melewati media zeolit tidak mengalami penurunan melainkan terjadi kenaikan untuk setiap menit percobaannya. Kenaikan tertinggi terjadi pada menit ke 90 sebesar 245,51%. Salah satu faktor yang mempengaruhi kenaikan tersebut adalah limbah yang diolah terlalu pekat. Seperti halnya parameter COD, konsentrasi  $\text{NH}_3$  tidak dapat diadsorpsi oleh media zeolit. Hal ini dipengaruhi oleh kepekatan limbah laboratorium dan pH yang sangat asam. Kepekatan menyebabkan jarak antara partikel bahan yang akan diserap terlalu dekat sehingga gaya tarik menarik antara penyerap dan bahan yang akan diserap cukup besar dan terjadi penarikan serentak terhadap bahan yang akan diserap sehingga terjadi penarikan secara bersama-sama hal ini dapat mengakibatkan tertutupnya pori mikro dalam penyerap. Dalam kondisi yang relatif asam, konsentrasi  $\text{H}^+$  (proton) yang relatif tinggi akan menyrcrang sisi aluminat yang ada dalam kerangka zeolit. Hal ini dapat menyebabkan putusny ikatan antara Al – O dan Si – O dalam kerangka struktur, sehingga zeolit dapat mengalami kerusakan (Dewi, 1999). Tingkat adsorpsi pada zeolit sangat dipengaruhi oleh pH. Sebab pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Senyawa asam organik dapat diadsorpsi pada pH yang rendah (asam) dan sebaliknya bahan organik dapat diadsorpsi pada pH 8-9 (Reynold, 1992). Selain itu dalam proses adsorpsi bahan organik perlu diperhatikan komposisi ion dan pengaruh elktrolit lain yang terdapat dalam limbah. Kehadiran logam pada limbah juga memiliki pengaruh besar terhadap adsorpsi bahan organik.

#### **4.1.3.3 Penurunan konsentrasi COD inlet terhadap proses filtrasi dengan menggunakan pasir kuarsa dan kerikil**

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 Penurunan konsentrasi  $\text{NH}_3$  terbesar terjadi pada menit ke 90 sebesar 66,05%. Konsentrasi  $\text{NH}_3$  mengalami penurunan karena terjadi proses nitrifikasi. Proses ini terjadi karena ion amonium dioksidasi oleh oksigen sehingga membentuk nitrat. Jika nitrat terus bereaksi dengan oksigen dan karbon yang bersal dari bahan-bahan organik akan membentuk nitrogen bebas di atmosfer. Reaksi tersebut merupakan proses denitrifikasi. Berikut reaksinya :



Dengan terjadinya reaksi tersebut ada sebagian  $\text{NH}_3$  yang hilang sebagai nitrogen bebas dan tersaring oleh media filter.

#### **4.1.4 Konsentrasi dan efisiensi total reaktor antara Inlet awal dengan outlet filtrasi pada reaktor Aerokarbonfilter.**

Berikut adalah akan dibahas efisiensi total dari reaktor aerokarbonfilter jika dibandingkan antara konsentrasi inlet awal sebelum melewati proses pada reaktor dengan konsentrasi outlet akhir yang merupakan hasil ahir dari proses filtrasi. Data hasil penelitian parameter  $\text{NH}_3$  untuk konsentrasi dan efisiensi total reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

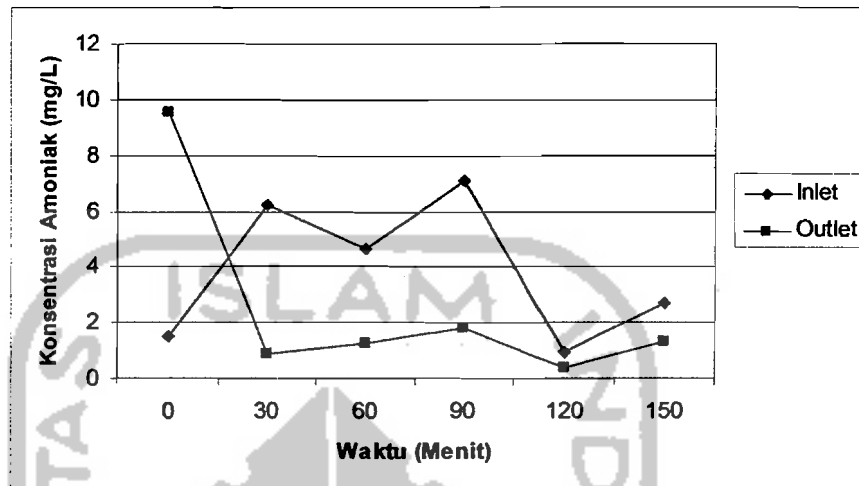
Tabel 4.4 Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter  $\text{NH}_3$  antara inlet dengan outlet filtrasi.

Menit	Inlet awal	Outlet Filtrasi	$\eta$ (%)
	Konsentrasi (mg/l)	Konsentrasi (mg/l)	
0	1,53	9,53	-522,88*
30	6,25	0,87	86,08
60	4,62	1,26	72,73
90	7,13	1,83	74,33
120	0,95	0,37	60,85
150	2,70	1,31	51,39

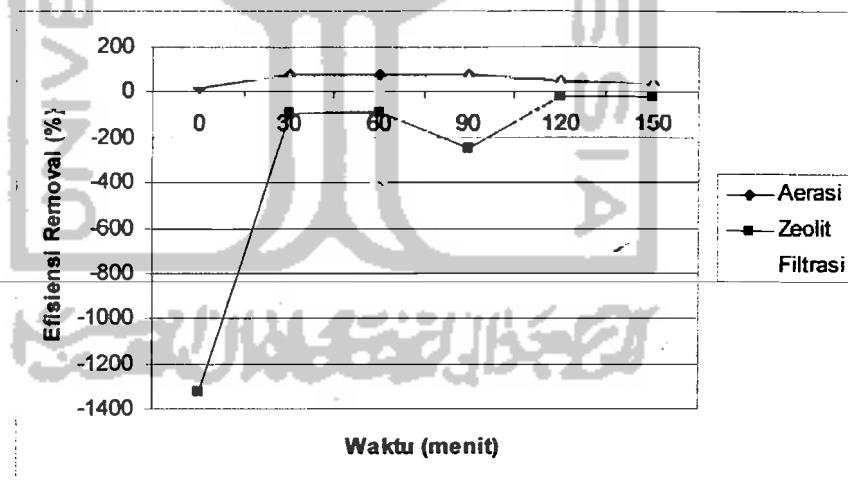
Keterangan : \* = Terjadi Kenaikan

Secara keseluruhan pada Tabel 4.4 reaktor aerokarbonfilter dapat menurunkan konsentrasi  $\text{NH}_3$  dengan baik. Efisiensi removal terbesar terjadi pada menit ke 30 sebesar 86,08%. Hal ini terjadi karena proses aerasi dan filtrasi yang baik. Meskipun zeolit tidak mampu menurunkan konsentrasi  $\text{NH}_3$  tetapi dengan adanya media filter dapat menahan sejumlah bahan-bahan organik.

Dari Tabel 4.4 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dan efisiensi total reaktor terhadap waktu antara inlet awal dan outlet filtrasi.



Gambar 4. 5 Grafik konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada inlet dan outlet akhir pada berbagai variasi waktu percobaan



Gambar 4. 6 Grafik efisiensi konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada berbagai waktu pada proses aerokarbonfilter



Dapat dilihat pada Gambar 4.5 bahwa konsentrasi inlet yang kecil pada menit ke 0 menyebabkan konsentrasi outlet tinggi. Namun pada menit-menit selanjutnya konsentrasi inlet yang semakin meningkat setelah melewati reaktor mengalami penurunan. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa media zeolit menyebabkan terjadinya kenaikan pada konsentrasi  $\text{NH}_3$ . Penurunan konsentrasi berlangsung baik pada proses aerasi dan filtrasi. Meskipun reaktor aerokarbonfilter dapat menurunkan konsentrasi  $\text{NH}_3$  tetapi limbah laboratorium masih melebihi ambang batas baku mutu limbah cair. Menurut ambang batas Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air kelas II dimana konsentrasi  $\text{NH}_3$  sebesar 1 mg/l.

#### 4.2 Analisa Statistik

Data hasil penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter akan dilakukan uji statistik yaitu dengan analisa statistik dengan ANOVA. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah perbedaan penurunan konsentrasi antara proses (inlet, aerasi, zeolit, dan filtrasi) secara statistik signifikan atau tidak.

Berikut adalah hipotesisnya.

Hipotesis :

$H_0$  = Perbedaan penurunan konsentrasi antara proses (inlet, aerasi, zeolit, dan filtrasi) secara statistik tidak signifikan.

$H_1$  = Perbedaan penurunan konsentrasi antara proses (inlet, aerasi, zeolit, dan filtrasi) secara statistik signifikan

Dengan syarat jika  $\alpha > 0,05$  maka  $H_0$  diterima.

#### 4.2.1 Analisa Statistik Konsentrasi COD

##### 4.2.1.1 Analisa COD inlet terhadap aerasi dengan ANOVA

###### Langkah 1

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD inlet dan aerasi

$H_o$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD dan aerasi

###### Langkah 2

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 \neq A_2$$

###### Langkah 3

Hasil kadar COD				
No	$A_1$	$A_2$	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1847.67	1738.04	3413884.43	3020783.04
2	1834.69	1703.45	3366087.40	2901741.90
3	1529.98	1470.21	2340838.80	2161517.44
4	1879.46	2001.04	3532369.89	4004161.08
5	1385.51	1970.52	1919637.96	3882949.07
6	1353.46	1991.37	1831853.97	3965554.48

Statistik				Total ( T )
n		6	6	12
$\sum X$		9830.77	10874.63	20705.40
$\sum X^2$		16404672.45	19936707.02	36341379.47
AVR X		1638.46	1812.44	3450.90
$(\sum X)^2/n_{A1}$		16107339.80	19709596.27	35816936.07

###### Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= (((9830.77^2)/6) + ((10874.63^2)/6) - ((20705.40^2)/12)))$$

$$= 90803.642$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 90803.642/1$$

$$= 90803.642$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 36341379.47 - (((9830.77^2)/6) + ((10874.63^2)/6)))$$

$$= 524443.394$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 524443.394/10$$

$$= 52444.339$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$\begin{aligned} F \text{ hitung} &= KRA/KRD \\ &= 90803.642/52444.339 \\ &= 1.731 \end{aligned}$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0.05) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = F (0.95) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$1,731 \leq 4,96$$

**Langkah 14**

Menyimpulkan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Penurunan konsentrasi COD dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses aerasi diperoleh nilai F hitung 1,731 dan nilai F tabel 4,96 dapat disimpulkan bahwa  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi yang tidak signifikan dari inlet dengan outlet aerasi.

#### 4.2.1.2 Analisa COD inlet terhadap zeolit dengan ANOVA

##### Langkah 1

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD inlet dan zeolit

$H_0$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD dan zeolit

##### Langkah 2

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 \neq A_2$$

##### Langkah 3

Hasil kadar COD				
No	$\Lambda_1$	$\Lambda_2$	$(\Lambda_1)^2$	$(\Lambda_2)^2$
1	1847.67	2978.00	3413884.43	8868484.00
2	1834.69	2610.97	3366087.40	6817164.34
3	1529.98	4583.46	2340838.80	21008105.57
4	1879.46	3090.17	3532369.89	9549150.63
5	1385.51	2108.88	1919637.96	4447374.85
6	1353.46	2274.21	1831853.97	5172031.12

Statistik				Total ( T )
n		6	6	12
$\sum X$		9830.77	17645.69	27476.46
$\sum X^2$		16404672.45	50690279.40	67094951.84
AVR X		1638.46	2940.95	4579.41
$(\sum X)^2/n_{A1}$		16107339.80	51895062.60	68002402.39

**Langkah 4**

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= (((9830.77^2)/6) + ((17645.69^2)/6) - ((27476.46^2)/12)))$$

$$= 5089414.6$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 5089414.6/1$$

$$= 5089414.6$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 67094951.84 - (((9830.77^2)/6) + ((17645.69^2)/6)))$$

$$= -907450.55$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$\begin{aligned} \text{KRD} &= \text{JKD}/\text{DKD} \\ &= -907450.55/10 \\ &= -90745.1 \end{aligned}$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KRA}/\text{KRD} \\ &= 5089414.6/-90745.1 \\ &= -56.085 \end{aligned}$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F$  tabel, maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$-56.085 \leq 4,96$$

#### Langkah 14

Menyimpulkan

Jika  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Penurunan konsentrasi COD dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses adsorpsi dengan media zeolit diperoleh nilai F hitung -56,085 dan nilai F tabel 4,96 dapat disimpulkan bahwa  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Dengan kata lain terjadi peningkatan konsentrasi yang tidak signifikan dari inlet dengan outlet zeolit.

#### 4.2.1.3 Analisa COD inlet terhadap filtrasi dengan ANOVA

##### Langkah 1

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD inlet dan filtrasi

$H_0$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi COD dan filtrasi

##### Langkah 2

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 \neq A_2$$



**Langkah 3**

Hasil kadar COD				
No	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	(A <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	(A <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>
1	1847.67	1568.90	3413884.43	2461447.21
2	1834.69	2377.73	3366087.40	5653599.95
3	1529.98	2220.04	2340838.80	4928577.60
4	1879.46	2258.19	3532369.89	5099422.08
5	1385.51	2121.86	1919637.96	4502289.86
6	1353.46	3214.55	1831853.97	10333331.70

Statistik				Total ( T )
n		6	6	12
∑X		9830.8	13761.270	23592.04
∑X <sup>2</sup>		16404672.45	32978668.403	49383340.85
AVR X		1638.46	2293.545	3932.007
(∑X) <sup>2</sup> /n <sub>A1</sub>		16107339.8	31562092.002	47669431.8

**Langkah 4**

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= ((( 9830.77^2)/6) + (( 13761.270^2)/6) - (( 23592.04^2)/12)))$$

$$= 1287402,521$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 1287402.521/1$$

$$= 1287402.521$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 49383340.85 - (((9830.77^2)/6) + ((13761.270^2)/6))$$

$$= 1713909.05$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 1713909.05/10$$

$$= 171390.905$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 1287402.521/171390.905$$

$$= 7.511$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$7,511 \geq 4,96$$

**Langkah 14**

Menyimpulkan

$F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Penurunan konsentrasi COD dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses filtrasi dengan media pasir kuarsa dan kerikil diperoleh F hitung 7,511 dan nilai F tabel 4,96. Dengan demikian dari proses filtrasi diperoleh  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi COD yang signifikan dari inlet dengan outlet filtrasi.

**4.2.2 Analisa Statistik Konsentrasi  $\text{NH}_3$** **4.2.2.1 Analisa  $\text{NH}_3$  inlet terhadap aerasi dengan ANOVA**

**Langkah 1**

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $NH_3$  inlet dan aerasi

$H_o$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $NH_3$  dan aerasi

**Langkah 2**

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 \neq A_2$$

**Langkah 3**

Hasil kadar $NH_3$				
No	$A_1$	$A_2$	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1.53	1.21	2.34	1.46
2	6.25	1.16	39.06	1.33
3	4.62	0.91	21.34	0.83
4	7.15	1.56	51.15	2.43
5	0.95	0.52	0.89	0.27
6	2.70	1.74	7.26	3.01

Statistik				Total (T)
n		6	6	12
$\sum X$		23.19	7.09	30.28
$\sum X^2$		122.05	9.34	131.39
AVR X		3.87	1.18	5.05
$(\sum X)^2/n_{A1}$		89.64	8.37	98.01

**Langkah 4**

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= (((23.19^2)/6) + ((7.09^2)/6) - ((30.28^2)/12))$$

$$= 21.620$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 21.620/1$$

$$= 21.620$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 131.39 - (((23.19^2)/6) + ((7.09^2)/6))$$

$$= 33,4$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 33,4/10$$

$$= 3,34$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 21.620/3,34$$

$$= 6,477$$

#### Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F$  tabel, maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

#### Langkah 12

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

#### Langkah 13

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$6,477 \geq 4,96$$

#### Langkah 14

Menyimpulkan

$F \geq F$  tabel, maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Penurunan konsentrasi  $NH_3$  dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses aerasi diperoleh F hitung 6,477 dan nilai F tabel 4,96. Dengan demikian dari proses aerasi diperoleh

$F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang tidak signifikan dari inlet dengan outlet aerasi.

#### 4.2.2.2 Analisa $\text{NH}_3$ inlet terhadap zeolit dengan ANOVA

##### Langkah 1

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{NH}_3$  inlet dan zeolit

$H_0$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{NH}_3$  dan zeolit

##### Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

##### Langkah 3

Hasil kadar $\text{NH}_3$				
No	$A_1$	$A_2$	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1.53	17.3	2.34	299.29
2	6.25	2.29	39.06	5.24
3	4.62	1.72	21.34	2.96
4	7.15	5.39	51.15	29.05
5	0.95	0.63	0.89	0.40
6	2.70	2.08	7.26	4.33

Statistik				Total (T)
n		6	6	12
$\sum X$		23.19	29.41	52.60
$\sum X^2$		122.05	336.94	459.00
AVR X		3.87	4.90	8.77
$(\sum X)^2/n_{A1}$		89.64	144.16	233.80

**Langkah 4**

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= (((23.19^2)/6) + ((29.41^2)/6) - ((52.60^2)/12)))$$

$$= 3,22$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 3,22/1$$

$$= 3,22$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 459,00 - (((23.19^2)/6) + ((29.41^2)/6)))$$

$$= 225,19$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 225,19/10$$





$$= 22,52$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 3,22/22,52$$

$$= 0,143$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F ( 1 - \alpha ) ( dkA, dkD )$$

$$F \text{ tabel} = F ( 1 - 0.05 ) ( 1, 10 )$$

$$F \text{ tabel} = F ( 0,95 ) ( 1, 10 )$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$0,143 \leq 4,96$$

**Langkah 14**

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Penurunan konsentrasi  $\text{NH}_3$  dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses adsorpsi diperoleh F hitung 0,143 dan nilai F tabel 4,96. Dengan demikian dari proses adsorpsi dengan media zeolit diperoleh  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang tidak signifikan dari inlet dengan outlet zeolit.

#### 4.2.2.3 Analisa $\text{NH}_3$ inlet terhadap filtrasi dengan ANOVA

##### Langkah 1

$H_a$  = Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{NH}_3$  inlet dan filtrasi

$H_0$  = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{NH}_3$  dan filtrasi

##### Langkah 2

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 \neq A_2$$

##### Langkah 3

Hasil kadar $\text{NH}_3$				
No	$A_1$	$A_2$	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1.53	9.53	2.34	90.82
2	6.25	0.87	39.06	0.76
3	4.62	1.26	21.34	1.59
4	7.15	1.83	51.15	3.35
5	0.95	0.37	0.89	0.14
6	2.70	1.31	7.26	1.72

Statistik				Total ( T )
n		6	6	12
$\sum X$		23.19	15.17	38.36
$\sum X^2$		122.05	98.37	220.42
AVR X		3.87	2.53	6.39
$(\sum X)^2/n_{A1}$		89.64	38.35	128.00

**Langkah 4**

Mencari jumlah kuadrat antar grup (JKA)

$$= (((23.19^2)/6) + ((15.17^2)/6) - ((38.36^2)/12))$$

$$= 5,363$$

**Langkah 5**

Mencari derajat kebebasan antar grup (dKA)

$$dKA = A - 1$$

**Langkah 6**

Mencari kuadrat rerata antar grup (kRA)

$$= 5.363/1$$

$$= 5,363$$

**Langkah 7**

Mencari jumlah kuadrat dalam antar grup (JKD)

$$= 220.42 - (((23.19^2)/6) + ((15.17^2)/6))$$

$$= 92,423$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar grup (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$12 - 2 = 10$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar grup (krd)

$$\begin{aligned} \text{KRD} &= \text{JKD}/\text{DKD} \\ &= 92,423/10 \\ &= 9,242 \end{aligned}$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KRA}/\text{KRD} \\ &= 5,363/9,242 \\ &= 0,580 \end{aligned}$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F$  tabel, maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 10)$$

$$F \text{ tabel} = 4,96$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$0,580 \leq 4,96$$

**Langkah 14**

Menyimpulkan

F hitung  $\leq$  F tabel maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Penurunan konsentrasi  $NH_3$  dari data hasil percobaan dengan reaktor aerokarbonfilter menggunakan analisa anova. Pada proses filtrasi dengan media pasir kuarsa dan kerikil diperoleh F hitung 0,580 dan nilai F tabel 4,96. Dengan demikian dari proses filtrasi diperoleh  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi  $NH_3$  yang tidak signifikan dari inlet dengan outlet filtrasi.

