

BAB VI

HASIL

6.1 Pre Eksperimen

Sebelum dilakukan eksperimen tentang pengolahan limbah cair, peneliti melakukan pre eksperimen untuk mengetahui lama waktu aerasi yang efektif menurunkan kadar kandungan kimia didalam limbah cair industri tahu. Selain itu, juga dilakukan penghitungan udara yang dikeluarkan oleh aerator.

1. Aerasi

Lama waktu aerasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Aerasi 4 jam
2. Aerasi 6 jam
3. Aerasi 10 jam
4. Aerasi 14 jam
5. Aerasi 18 jam

Hasil yang didapatkan dari percobaan tersebut adalah:

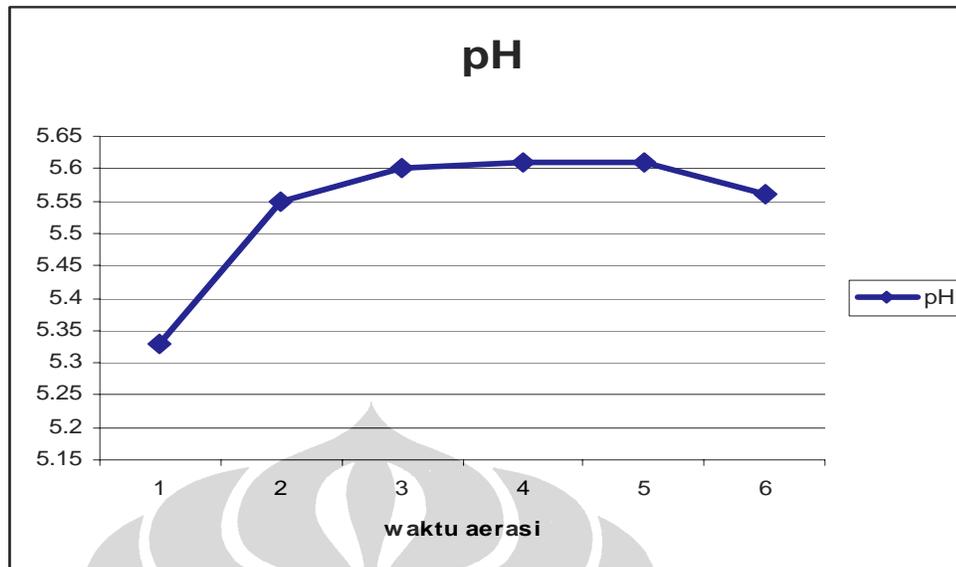
Tabel 3 : Hasil Pre Eksperimen Dengan Parameter pH, NH₃, TSS

Waktu	pH	NH ₃	TSS
Inlet (1)	5,33	8	810
Aerasi 4 jam (2)	5,55	12,1	354
Aerasi 6 jam (3)	5,60	13,1	374
Aerasi 10 jam (4)	5,61	13,7	431
Aerasi 14 jam (5)	5,61	11,6	356
Aerasi 18 jam (6)	5,56	11,5	353

Bila digambarkan dalam grafik, adalah sebagai berikut:

1.pH

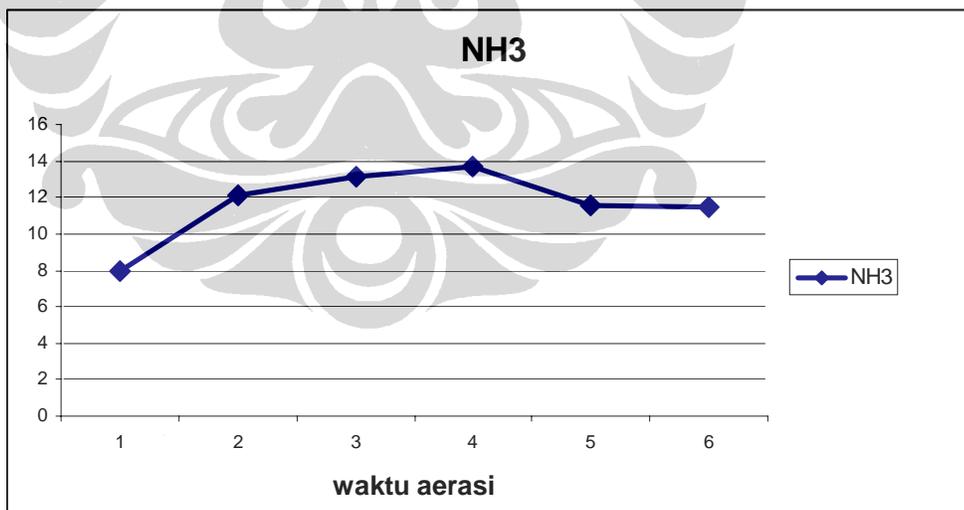
pH yang dihasilkan setelah aerasi, menunjukkan bahwa pH yang mendekati pH normal adalah limbah cair yang diaerasi selama 10 dan 14 jam, yang menunjukkan angka 5,61. Kenaikan cukup signifikan yang terjadi adalah pada aerasi selama 4 jam.



Grafik 1: Parameter pH pada hasil pre eksperimen

2. NH_3

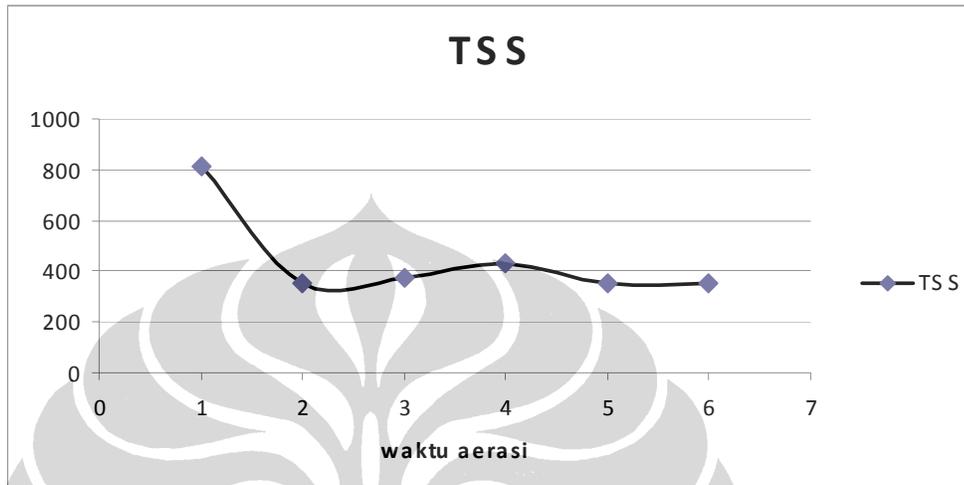
Terjadi kenaikan NH_3 , pada setiap tingkat waktu aerasi. Hal ini dimungkinkan karena banyaknya bakteri yang mati saat pengolahan limbah berlangsung. Sehingga terjadi kenaikan nilai NH_3 .



Grafik 2 : Parameter NH_3 pada hasil pre eksperimen

3. TSS

Dari hasil pre-eksperimen, didapatkan hasil aerasi yang lebih efektif dan efisien adalah aerasi selama 4 jam, yakni sebesar 354. TSS inlet pada limbah cair industri tahu PT. AS sebesar 810. Jadi, penurunannya cukup signifikan.



Grafik 3 : Parameter TSS pada hasil pre eksperimen

2. Penghitungan Udara

Udara (gelembung) yang dihasilkan aerator, haruslah diketahui jumlah oksigen yang dikeluarkannya. Penghitungan ini dilakukan dengan pembagian volume udara terhadap satuan waktu. Gelembung yang dihasilkan oleh aerator adalah 50 ml selama 3,51 detik. Jadi, udara yang dikeluarkan adalah 14,25 ml/detik atau 51,3 lt/jam. Ini menunjukkan bahwa udara yang akan dialirkan kedalam air limbah adalah sebesar **51,3 lt/jam**.

Setelah dilakukan pre eksperimen, maka dapat disimpulkan bahwa aerasi yang paling efektif dan efisien adalah aerasi selama 4 jam, maka untuk eksperimen ini diambil waktu aerasinya adalah 4 jam.

6.2 Analisa Univariat

Analisa pada penelitian ini menggunakan 4 perlakuan yang berbeda, yaitu antara pengolahan limbah cair industri tahu yang diolah dengan menggunakan *oxidation pond*, *activated sludge* dengan aerasi 2 jam, *activated sludge* dengan aerasi 4 jam, serta *activated sludge* dengan aerasi 6 jam. Data yang diambil

berupa data primer sejumlah 25 sampel, dengan 5 sampel untuk masing-masing perlakuan. Ada 5 parameter yang diuji, yakni pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃.

6.2.1 pH

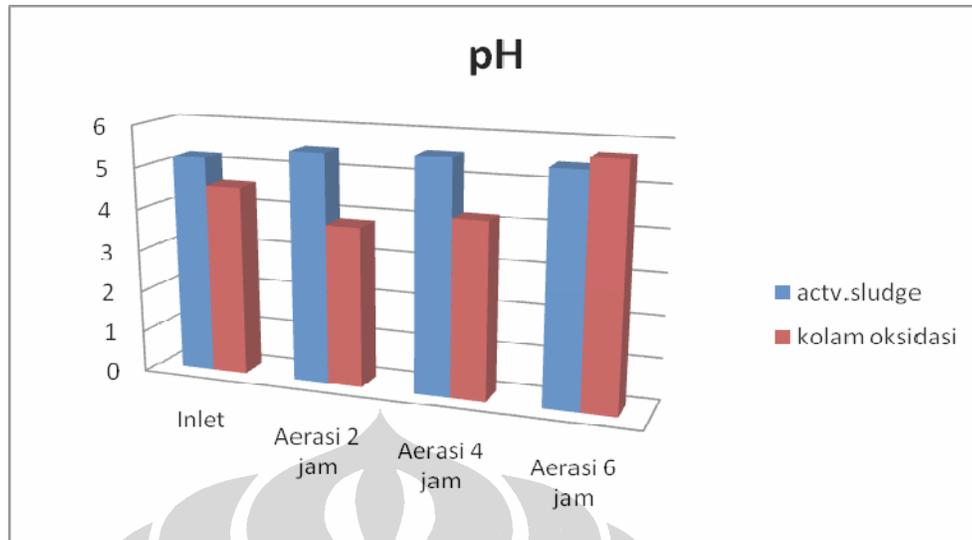
Dari hasil eksperimen yang dilakukan selama 5 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4 : Hasil Eksperimen Dengan Parameter pH

	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Percobaan ke-4	Percobaan ke-5	Percobaan ke-6	Rata-rata	Baku mutu
Influent (1)	5,10	5,01	4,89	5,78	5,35	-	5,226	6 – 9
Influent (2)	-	-	-	-	-	3,9	4,563	
Aerasi 2 jam	5,14	5,02	4,95	5,93	6,47	-	5,502	
Aerasi 4 jam	5,20	5,22	4,96	5,93	6,51	-	5,564	
Aerasi 6 jam	5,22	5,20	4,98	5,84	6,08	-	5,464	
Kolam oksidasi hari ke5	5,45	5,18	5,61	5,88	7,18	5,59	5,725	
Kolam oksidasi hari ke3	-	-	-	-	-	4,19	4,19	
Kolam oksidasi hari ke1	-	-	-	-	-	3,82	3,82	

Hasil tersebut menunjukkan peningkatan pH terjadi pada setiap pengolahan, kecuali aerasi yang dilakukan selama 6 jam. Hasil pengukuran pH di influent memiliki rata-rata sebesar 5,195. Sedangkan pengolahan limbah dengan aerasi 2 jam memiliki rata-rata 5,502. Rata-rata dari pH air limbah yang diolah dengan menggunakan aerasi selama 4 jam adalah sebesar 5,564. pH dari aerasi selama 6 jam adalah 5,464. Dan pH dari pengolahan dengan cara kolam oksidasi adalah 5.860. Dari semua pengukuran pH, belum ada hasil pengukuran yang memenuhi baku mutu.

Hasil influent (2) merupakan gabungan dari rata-rata influent pada percobaan pertama dan percobaan kedua, pada waktu yang tidak bersamaan, dengan hasil rata-rata pH sebesar 4,563. Sedangkan kolam oksidasi (2) merupakan percobaan selama 1 hari, 3 hari, dan 5 hari. Hasil dari percobaan tersebut pada hari 1 sebesar 3,82, hari 3 adalah 4,19, dan pada hari 5 sebesar 5,59. Sehingga rata-rata kolam oksidasi (1) dan (2) adalah 5,725.



Grafik 4 : Perbandingan pH Inlet Dengan Pengolahan Aerasi Serta Kolam Oksidasi

6.2.2 BOD₅

Dari hasil eksperimen yang dilakukan selama 5 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

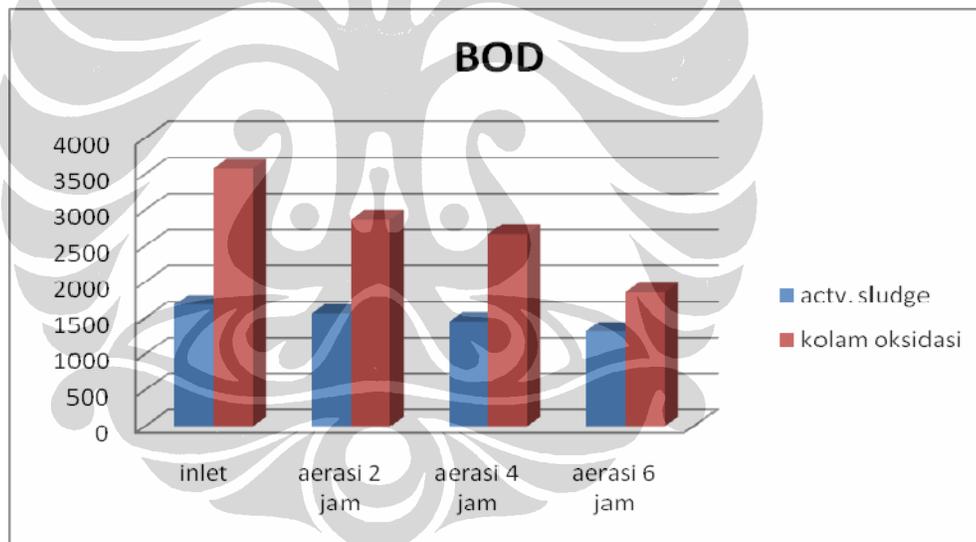
Tabel 5 : Hasil Eksperimen Dengan Parameter BOD₅

	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Percobaan ke-4	Percobaan ke-5	Percobaan ke-6	Rata-rata	Baku mutu
Influent (1)	2.045,75	1.039,5	1.581,25	1.590	2.182,95	-	1.687,89	150 mg/l
Influent (2)	-	-	-	-	-	5.460	3573,95	
Aerasi 2 jam	1.739,5	1.405,8	1.504,8	1.550	1.600	-	1.560,02	
Aerasi 4 jam	1.235,82	1.326,6	1.707,75	1.475,1	1.510	-	1.451,05	
Aerasi 6 jam	1.646,4	316,8	1.485	1.590	1.540	-	1.315,64	
Kolam oksidasi hari ke5	1.490	1.930,5	1.540	550	450	2.520	1856,05	
Kolam oksidasi hari ke3	-	-	-	-	-	2.665	2.665	
Kolam oksidasi hari ke1	-	-	-	-	-	2.870	2.870	

Hasil tersebut menunjukkan penurunan BOD₅ terjadi pada setiap pengolahan. Hasil pengukuran BOD₅ di influent memiliki rata-rata sebesar

1.687,89. Sedangkan pengolahan limbah dengan aerasi 2 jam memiliki rata-rata 1.560,02. Rata-rata dari BOD₅ air limbah yang diolah dengan menggunakan aerasi selama 4 jam adalah sebesar 1.451,05. BOD₅ dari aerasi selama 6 jam adalah 1,315,64. Dan BOD₅ dari pengolahan dengan cara kolam oksidasi adalah 1.192,10. Dari seluruh percobaan, belum ada hasil pengolahan limbah yang memenuhi baku mutu.

Hasil influent (2) merupakan gabungan dari rata-rata influent pada percobaan pertama dan percobaan kedua, pada waktu yang tidak bersamaan, dengan hasil rata-rata BOD₅ sebesar 3573,95. Sedangkan kolam oksidasi (2) merupakan percobaan selama 1 hari, 3 hari, dan 5 hari. Hasil dari percobaan tersebut pada hari 1 sebesar 2.870, hari 3 adalah 2.665, dan pada hari 5 sebesar 2.520. Sehingga rata-rata kolam oksidasi (1) dan (2) adalah 1856,05.



Grafik 5 : Perbandingan BOD₅ Inlet Dengan Pengolahan Aerasi Serta Kolam Oksidasi

6.2.3 COD

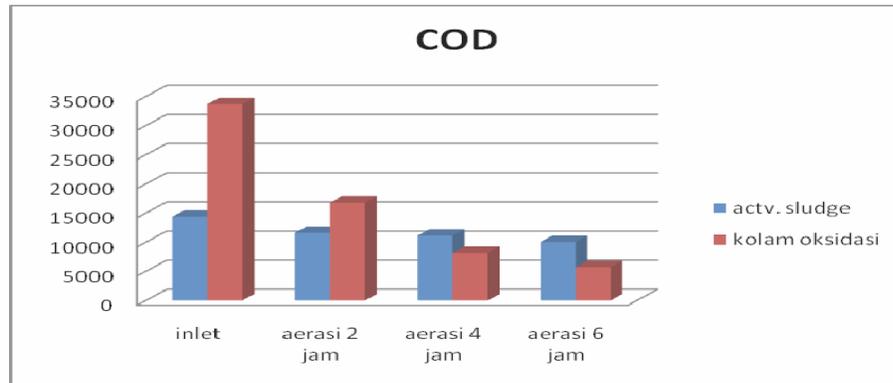
Dari hasil eksperimen yang dilakukan selama 5 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6: Hasil Eksperimen Dengan Parameter COD

	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Percobaan ke-4	Percobaan ke-5	Percobaan ke-6	Rata-rata	Baku mutu
Influent (1)	19.200	9.926,4	15.792	7.369,6	19.552	-	14.368	300 mg/l
Influent (2)	-	-	-	-	-	52.992	33.680	
Aerasi 2 jam	16.128	13.536	14.739,2	6.316,5	7.369,6	-	11.617,86	
Aerasi 4 jam	11.980,8	12.441,6	16.844,8	6.016	8.422,4	-	11.141,12	
Aerasi 6 jam	15.360	614,4	14.739,2	12.032	7.459,84	-	10.041,09	
Kolam oksidasi hari ke5	6.016	18.800	9.024	2.406,4	752,6	4.017,60	1.856,05	
Kolam oksidasi hari ke3	-	-	-	-	-	8.184	8.184	
Kolam oksidasi hari ke1	-	-	-	-	-	16.780,80	16.780,80	

Hasil tersebut menunjukkan penurunan COD terjadi pada setiap pengolahan. Hasil pengukuran COD di influent memiliki rata-rata sebesar 14.368. Sedangkan pengolahan limbah dengan aerasi 2 jam memiliki rata-rata sebesar 11.617,86. Rata-rata dari COD air limbah yang diolah dengan menggunakan aerasi selama 4 jam adalah sebesar 11.141,12. COD dari aerasi selama 6 jam adalah 10.041,09. Dan COD dari pengolahan dengan cara kolam oksidasi adalah 7.399,80.

Hasil influent (2) merupakan gabungan dari rata-rata influent pada percobaan pertama dan percobaan kedua, pada waktu yang tidak bersamaan, dengan hasil rata-rata COD sebesar 33.680. Sedangkan kolam oksidasi (2) merupakan percobaan selama 1 hari, 3 hari, dan 5 hari. Hasil dari percobaan tersebut pada hari 1 sebesar 16.780,80, hari 3 adalah 8.184, dan pada hari 5 sebesar 4.01,60. Sehingga rata-rata kolam oksidasi (1) dan (2) adalah 1.856,05. Dari semua hasil percobaan, belum ada COD yang memenuhi standar baku mutu.



Grafik 6 : Perbandingan COD Inlet Dengan Pengolahan Aerasi Serta Kolam Oksidasi

6.2.4 TSS

Dari hasil eksperimen yang dilakukan selama 5 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

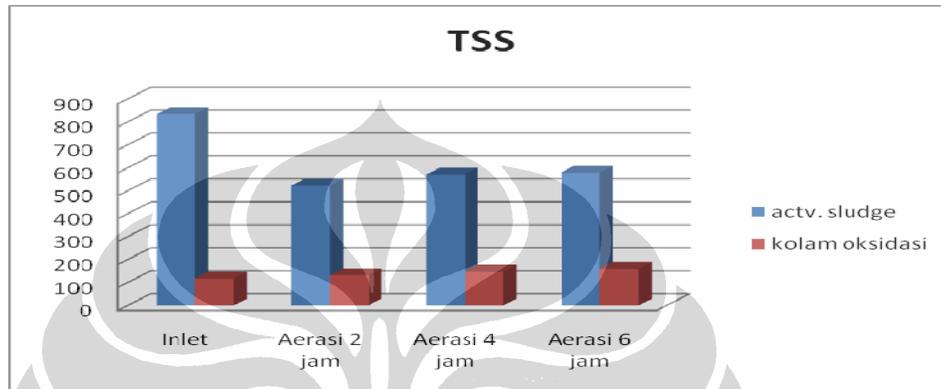
Tabel 7: Hasil Eksperimen Dengan Parameter TSS

	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Percobaan ke-4	Percobaan ke-5	Percobaan ke-6	Rata-rata	Baku mutu
Influent (1)	409	790	700	311	1.960	-	834	400 mg/l
Influent (2)	-	-	-	-	-	117,75	475,875	
Aerasi 2 jam	537	420	773	383	497	-	522	
Aerasi 4 jam	652	545	790	360	506	-	570.6	
Aerasi 6 jam	703	495	786	339	571	-	578.8	
Kolam oksidasi hari ke5	256	129	330	103	147	126,5	159,75	
Kolam oksidasi hari ke3	-	-	-	-	-	147,5	147,5	
Kolam oksidasi hari ke1	-	-	-	-	-	131,5	131,5	

Hasil tersebut menunjukkan perbedaan hasil TSS yang terjadi pada setiap pengolahan. Hasil pengukuran TSS di influent memiliki rata-rata sebesar 552.5. Sedangkan pengolahan limbah dengan aerasi 2 jam memiliki rata-rata 522. Rata-rata dari TSS air limbah yang diolah dengan menggunakan aerasi selama 4 jam adalah sebesar 570,6. TSS dari aerasi selama 6 jam adalah 578,8. Dan TSS dari pengolahan dengan cara kolam oksidasi adalah 193. Dari seluruh hasil percobaan,

hanya percobaan dengan menggunakan kolam oksidasi saja yang memenuhi standar baku mutu.

Pada influent (2), didapatkan hasil pengukuran sebesar 117,75, sehingga rata-ratanya menjadi 475,875. Pada kolam oksidasi (2), hasil hari 1 adalah 131,5, hasil hari 3 adalah 147,5, dan hasil hari ke 5 adalah 126,5. Sehingga hasil rata-rata dari kolam oksidasi (1) dan (2) adalah 159,75.



Grafik 7 : Perbandingan TSS Inlet Dengan Pengolahan Aerasi Serta Kolam Oksidasi

6.2.5 NH₃

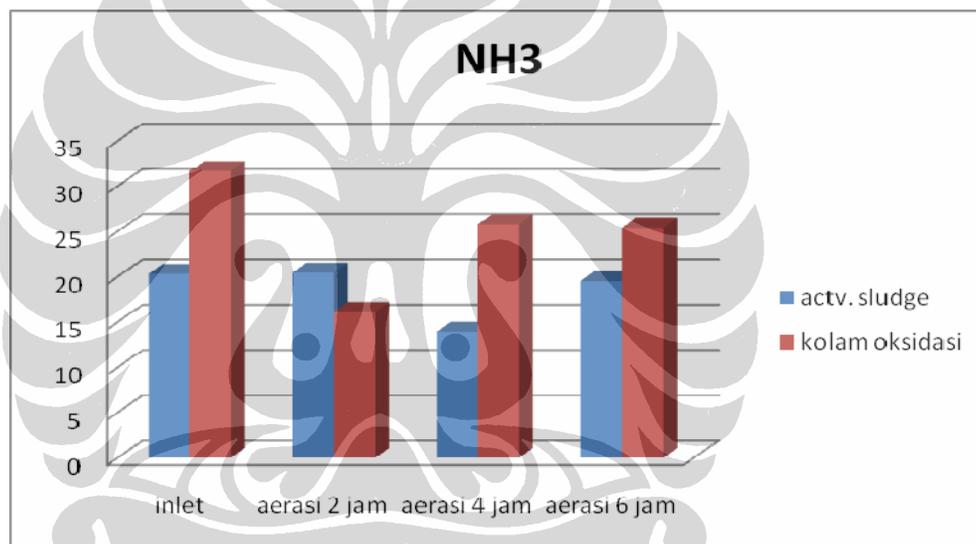
Dari hasil eksperimen yang dilakukan selama 5 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 8: Hasil Eksperimen Dengan Parameter NH₃

	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Percobaan ke-4	Percobaan ke-5	Percobaan ke-6	Rata-rata	Baku mutu
Influent (1)	19,6	19,7	22,6	18,2	21,5	-	20,32	5 mg/l
Influent (2)	-	-	-	-	-	43	31,66	
Aerasi 2 jam	39,4	21,7	27,5	5,7	7,9	-	20,44	
Aerasi 4 jam	22,5	16,1	13,8	7,8	9,6	-	13,96	
Aerasi 6 jam	47,8	15,9	19,5	5,8	8,6	-	19,52	
Kolam oksidasi hari ke5	16,1	0,3	7	14,2	4,1	42,5	25,42	
Kolam oksidasi hari ke3	-	-	-	-	-	25,8	25,8	
Kolam oksidasi hari ke1	-	-	-	-	-	16,1	16,1	

Hasil tersebut menunjukkan perbedaan hasil NH_3 yang terjadi pada setiap pengolahan. Hasil pengukuran NH_3 di influent memiliki rata-rata sebesar 20,025. Sedangkan pengolahan limbah dengan aerasi 2 jam memiliki rata-rata 20,44. Rata-rata dari NH_3 air limbah yang diolah dengan menggunakan aerasi selama 4 jam adalah sebesar 13,96. NH_3 dari aerasi selama 6 jam adalah 19,52. Dan NH_3 dari pengolahan dengan cara kolam oksidasi adalah 8,34.

Hasil pengukuran NH_3 pada influent (2) sebesar 43. Sedangkan pada kolam oksidasi (2) hari 1 adalah 16,1, hari 3 adalah 25,8, dan hari 5 adalah 42,5, sehingga rata-rata NH_3 pada kolam oksidasi adalah 25,42. Dari seluruh hasil percobaan, belum ada NH_3 yang memenuhi standar baku mutu.



Grafik 8 : Perbandingan NH_3 Inlet Dengan Pengolahan Aerasi Serta Kolam Oksidasi

6.3 Analisis Bivariat

6.3.1 pH

Tabel 9 : Hasil Analisis Uji Mean T-Test Pada Parameter pH

No.	Pengujian	Mean	Standar deviasi	95% Confidence Interval		p-Value
				Lower	Upper	
1.	Inlet – A	-0,27600	0,47469	-0,86540	0,31340	0,263
2.	A –B	-0,06200	0,08075	-0,16226	0,03826	0,161
3.	B –C	0,11800	0,17964	-0,10505	0,34105	0,216
4.	C – D	-0,41400	0,48123	-1,01152	0,18352	0,127
5.	Inlet – B	-0,33800	0,46257	-0,91236	0,23636	0,178
6.	Inlet – C	-0,22000	0,28368	-0,58446	0,14466	0,169
7.	Inlet – D	-0,63400	0,71044	-1,51613	0,24813	0,117

Keterangan :

A : *activated sludge* dengan aerasi 2 jam

B : *activated sludge* dengan aerasi 4 jam

C : *activated sludge* dengan aerasi 6 jam

D : Kolam oksidasi

Hasil uji statistik pada uji mean parameter pH, didapatkan hasil yang seluruhnya tidak signifikan. Pengukuran dilakukan pada antara inlet dengan pengolahan aerasi 2 jam, pengolahan aerasi 4 jam, pengolahan aerasi 6 jam serta pengolahan dengan kolam oksidasi. Semua hasil uji statistik menunjukkan angka $>0,05$, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter kenaikan pH antara inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam dan kolam oksidasi.

6.3.2 BOD₅

Tabel 10 : Hasil Analisis Uji Mean T-Test Pada Parameter BOD₅

No.	Pengujian	Mean	Standar deviasi	95% Confidence Interval		p-Value
				Lower	Upper	
1.	Inlet – A	127,870	351,24293	-308,256	563,99570	0,461
2.	A –B	108,966	252,73353	-204,844	422,77613	0,390
3.	B –C	135,414	538,58769	-533,331	804,15894	0,604
4.	C – D	123,540	1098,28309	-1240,16	1487,239	0,814
5.	Inlet – B	236,836	484,77379	-365,090	838,76217	0,336
6.	Inlet – C	372,250	320,77023	-26,03885	770,53885	0,060
7.	Inlet – D	495,790	995,00222	-739,668	1731,248	0,328

Keterangan :

A : *activated sludge* dengan aerasi 2 jam

B : *activated sludge* dengan aerasi 4 jam

C : *activated sludge* dengan aerasi 6 jam

D : Kolam oksidasi

Hasil uji statistik pada uji mean parameter BOD₅, didapatkan hasil yang seluruhnya tidak signifikan. Pengukuran dilakukan pada antara inlet dengan pengolahan aerasi 2 jam, pengolahan aerasi 4 jam, pengolahan aerasi 6 jam serta pengolahan dengan kolam oksidasi. Semua hasil uji statistik menunjukkan angka >0,05, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter penurunan BOD₅ antara inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam dan kolam oksidasi.

6.3.3 COD

Tabel 11 : Hasil Analisis Uji Mean T-Test Pada Parameter COD

No.	Pengujian	Mean	Standar deviasi	95% Confidence Interval		p-Value
				Lower	Upper	
1.	Inlet – A	2750,140	5815,46050	-4470,71	9970,988	0,350
2.	A – B	476,740	2392,32175	-2493,72	2447,200	0,679
3.	B – C	1100,032	6833,80622	-7385,26	9585,323	0,737
4.	C – D	2641,288	11762,72850	-11964,1	17246,64	0,642
5.	Inlet – B	3226,880	5770,35363	-3937,96	10391,72	0,279
6.	Inlet – C	4326,912	6650,46618	-3930,73	12584,56	0,219
7.	Inlet – D	6968,200	10411,96662	-5959,96	19896,36	0,209

Keterangan :

A : *activated sludge* dengan aerasi 2 jam

B : *activated sludge* dengan aerasi 4 jam

C : *activated sludge* dengan aerasi 6 jam

D : Kolam oksidasi

Hasil uji statistik pada uji mean parameter COD, didapatkan hasil yang seluruhnya tidak signifikan. Pengukuran dilakukan pada antara inlet dengan pengolahan aerasi 2 jam, pengolahan aerasi 4 jam, pengolahan aerasi 6 jam serta pengolahan dengan kolam oksidasi. Semua hasil uji statistik menunjukkan angka

$>0,05$, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter penurunan COD antara inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam dan kolam oksidasi.

6.3.4 TSS

Tabel 12 : Hasil Analisis Uji Mean T-Test Pada Parameter TSS

No.	Pengujian	Mean	Standar deviasi	95% Confidence Interval		p-Value
				Lower	Upper	
1.	Inlet – A	312,00	674,06342	-524,960	1148,960	0,359
2.	A –B	-48,60	66,96865	-131,753	34,55256	0,180
3.	B –C	-8,20	48,59733	-68,54155	52,14155	0,725
4.	C – D	385,80	90,78106	273,08043	498,51957	0,001
5.	Inlet – B	263,40	688,62058	-591,635	1118,51957	0,441
6.	Inlet – C	255,20	668,08061	-574,332	1084,732	0,441
7.	Inlet – D	641,00	684,29855	-208,669	1490,669	0,104

Keterangan :

A : *activated sludge* dengan aerasi 2 jam

B : *activated sludge* dengan aerasi 4 jam

C : *activated sludge* dengan aerasi 6 jam

D : Kolam oksidasi

Hasil uji statistik pada uji mean parameter TSS, didapatkan hasil yang kebanyakan tidak signifikan. Pengukuran dilakukan pada antara inlet dengan pengolahan aerasi 2 jam, pengolahan aerasi 4 jam, pengolahan aerasi 6 jam serta pengolahan dengan kolam oksidasi. Hanya 1 pengujian yang menunjukkan nilai signifikan pada parameter TSS, yakni antara aerasi 6 jam dengan pengolahan kolam oksidasi. Nilai yang ditunjukkan adalah 0,001. Maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan TSS yang signifikan antara pengolahan dengan menggunakan aerasi 6 jam dengan pengolahan kolam oksidasi. Sedangkan selebihnya, semua hasil uji statistik menunjukkan angka $>0,05$, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter TSS antara inlet, aerasi 2 jam, dan aerasi 4 jam.

6.3.5 NH₃

Tabel 13: Hasil Analisis Uji Mean T-Test Pada Parameter NH₃

No.	Pengujian	Mean	Standar deviasi	95% Confidence Interval		p-Value
				Lower	Upper	
1.	Inlet – A	-0,12	13,79482	-17,24853	17,00853	0,985
2.	A –B	6,48	8,68919	-4,30905	17,26905	0,171
3.	B –C	-5,56	11,43517	-19,75863	8,63863	0,338
4.	C – D	11,12	14,85066	-7,31953	29,55953	0,169
5.	Inlet – B	6,36	6,04839	-1,15007	13,87007	0,78
6.	Inlet – C	0,80	16,85423	-30,12729	21,72729	0,921
7.	Inlet – D	11,92	7,71343	2,34251	21,49749	0,026

Keterangan :

A : *activated sludge* dengan aerasi 2 jam

B : *activated sludge* dengan aerasi 4 jam

C : *activated sludge* dengan aerasi 6 jam

D : Kolam oksidasi

Hasil uji statistik pada uji mean parameter NH₃, didapatkan hasil yang kebanyakan tidak signifikan. Pengukuran dilakukan pada antara inlet dengan pengolahan aerasi 2 jam, pengolahan aerasi 4 jam, pengolahan aerasi 6 jam serta pengolahan dengan kolam oksidasi. Hanya 1 pengujian yang menunjukkan nilai signifikan pada parameter NH₃, yakni antara perbandingan inlet dengan pengolahan kolam oksidasi. Nilai yang ditunjukkan adalah 0,026. Maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan NH₃ yang signifikan antara inlet dengan dengan pengolahan menggunakan kolam oksidasi. Sedangkan selebihnya, semua hasil uji statistik menunjukkan angka >0,05, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter NH₃ antara inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, dan aerasi 6 jam.

6.4 Analisis Efisiensi

6.4.1 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 2 Jam (inlet : outlet)

Tabel 14 : Hasil Perhitungan Efisiensi Pengolahan *Activated Sludge* Aerasi 2 jam Dengan Parameter pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃

No.	Parameter	Mean Influent	Mean Effluent	Efisiensi		Standar Efisiensi
				influen-efluen	(%)	
1.	pH	5,226	5,50	0,274	5,2	-
2.	BOD ₅	1.687,89	1.560,02	127,87	7,6	80-95
3.	COD	14.368	11.617,86	2.750,14	19,1	80-95
4.	TSS	834	522	312	37,4	10-25
5.	NH ₃	20,32	20,44	0,12 *	0,59	80-95

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kandungan pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃ dari sampel yang diambil pada pengolahan *activated sludge* dengan aerasi 2 jam, diketahui untuk parameter TSS menunjukkan efisiensi yang memenuhi standar, yakni 37,4%. Sedangkan untuk parameter BOD₅, COD, dan NH₃ belum memenuhi standar efisiensi sebesar 80% - 95%, dengan efisiensi BOD₅ sebesar 7,6%, parameter COD sebesar 19,1% serta parameter NH₃ hanya sebesar 0,59%. Untuk parameter pH, mengalami efisiensi sebesar 5,2%.

6.4.2 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 4 Jam (inlet : outlet)

Tabel 15 : Hasil Perhitungan Efisiensi Pengolahan *Activated Sludge* Aerasi 4 jam Dengan Parameter pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃

No.	Parameter	Mean Influent	Mean Effluent	Efisiensi		Standar Efisiensi
				influen-efluen	(%)	
1.	pH	5,226	5,56	0,334	6,4	-
2.	BOD ₅	1.687,89	1.451,05	236,84	14,0	80-95
3.	COD	14.368	11.141,12	3.226,88	22,5	80-95
4.	TSS	834	570,6	263,4	31,6	10-25
5.	NH ₃	20,32	13,96	6,36	31,3	80-95

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kandungan pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃ dari sampel yang diambil pada pengolahan *activated sludge* dengan aerasi 4 jam, diketahui untuk parameter TSS menunjukkan nilai efisiensi yang memenuhi standar efisiensi, yakni 31,6%. Sedangkan untuk parameter BOD₅, COD, dan NH₃ belum memenuhi standar efisiensi sebesar 80% - 95%, dengan efisiensi BOD₅ sebesar 14,0%, parameter COD sebesar 22,5% serta parameter NH₃ sebesar 31,3%. Untuk parameter pH, mengalami efisiensi sebesar 6,4%.

6.4.3 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 6 Jam (inlet : outlet)

Tabel 16 : Hasil Perhitungan Efisiensi Pengolahan *Activated Sludge* Aerasi 6 jam Dengan Parameter pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃

No.	Parameter	Mean Influent	Mean Efluent	Efisiensi		Standar Efisiensi
				influen-efluen	(%)	
1.	pH	5,226	5,46	0,234	4,5	-
2.	BOD ₅	1.687,89	1.315,64	372,25	22,1	80-95
3.	COD	14.368	10.041,09	4.326,91	30,1	80-95
4.	TSS	834	578,8	255,2	30,6	10-25
5.	NH ₃	20,32	19,52	0,8	3,9	80-95

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kandungan pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃ dari sampel yang diambil pada pengolahan *activated sludge* dengan aerasi 6 jam, diketahui hanya untuk parameter TSS menunjukkan nilai yang memenuhi standar efisiensi, yakni 30,6%. Sedangkan untuk parameter BOD₅, COD, dan NH₃ belum memenuhi standar efisiensi sebesar 80% - 95%, dengan efisiensi BOD₅ sebesar 22,1%, parameter COD sebesar 30,1% serta parameter NH₃ sebesar 3,9%. Untuk parameter pH, mengalami efisiensi sebesar 4,5%.

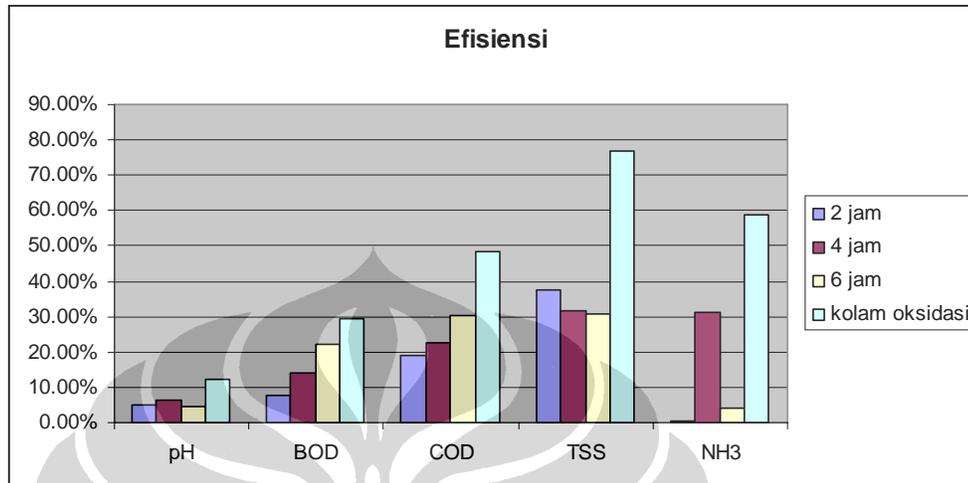
6.4.4 Pengolahan Dengan Kolam Oksidasi (inlet : outlet)

Tabel 17 : Hasil Perhitungan Efisiensi Pengolahan Kolam Oksidasi Dengan Parameter pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃

No.	Parameter	Mean Influent	Mean Efluent	Efisiensi		Standar Efisiensi
				influen-efluen	(%)	
1.	pH	5,226	5,86	0,634	12,1	-
2.	BOD ₅	1.687,89	1.192,10	495,79	29,4	80-95
3.	COD	14.368	7.399,8	6.968,2	48,5	80-95
4.	TSS	834	193	641	76,7	10-25
5.	NH ₃	20,32	8,34	11,32	58,9	80-95

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kandungan pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃ dari sampel yang diambil pada pengolahan kolam oksidasi, diketahui untuk parameter TSS menunjukkan nilai yang jauh melampaui standar efisiensi, yakni 76,7%. Sedangkan untuk parameter BOD₅, COD, dan NH₃ belum memenuhi standar efisiensi sebesar 80% - 95%, dengan efisiensi BOD₅ sebesar 29,4%, parameter COD sebesar 48,5% serta parameter NH₃ yang hampir mendekati standar yakni 58,9%. Untuk parameter pH, mengalami efisiensi sebesar 12,1%.

Dari hasil penghitungan efisiensi diatas, maka dapat dibuat perbandingan dengan menggunakan grafik antara parameter dengan cara pengolahan limbah, sebagai berikut :



Grafik 9: Hasil Perbandingan Efisiensi Pengolahan Air Limbah

BAB VII PEMBAHASAN

7.1 Kelemahan Penelitian

Perencanaan sistem pengolahan limbah cair bagi industri tahu ini diawali dengan penelitian keefisiensian dari alat yang akan digunakan, yakni *activated sludge* dan kolam oksidasi. Didahului dengan pre eksperimen bagi *activated sludge*, yaitu dengan mencoba keefektifan aerasi. Karena keterbatasan dana, maka parameter yang diambil hanyalah pH, TSS, dan NH_3 . Dan karena keterbatasan waktu, maka aerasi yang dilakukan hanya 1 kali, dan dalam waktu 1 malam.

Untuk penelitian, pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 sampel pada setiap percobaan, yakni inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam dan kolam oksidasi. Sehingga jumlah seluruh sampel adalah 25 sampel, yang dilakukan selama 5 hari. Karena keterbatasan biaya, waktu, dan tenaga maka sampel yang diambil hanya berjumlah 25 sampel. Pemeriksaan BOD_5 yang dilakukan di BBTCL Cakung yang memakan waktu 7 hari, yakni 5 hari pemeriksaan dan 2 hari administrasi merupakan kelemahan penelitian karena sampel yang diambil menjadi terbatas. Seiring dengan terbatasnya waktu penelitian yang tidak panjang. Pengambilan titik sampel yang lebih banyak akan lebih mewakili dalam melakukan analisa perbedaan parameter, antara titik influent dengan effluent. Serta dapat diketahui lama waktu optimal pemakaian alat percobaan.

Biaya pemeriksaan parameter cukup tinggi, yang mengakibatkan terbatasnya sampel yang diambil. Sampel yang diambil menyesuaikan dengan dana yang tersedia. Jarak yang jauh antara lokasi pengambilan dan pemeriksaan sampel. Hal ini memungkinkan adanya perubahan secara kimia pada sampel karena perjalanan yang cukup lama.

Air limbah yang diolah, merupakan air limbah segar tanpa pengendapan sebelumnya. Sehingga mengakibatkan banyak parameter yang tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Karena limbah tahu memiliki beban pencemaran yang sangat besar. Seharusnya dilakukan pengendapan selama 1-2 hari, agar signifikansi penurunan parameter lebih baik dan memenuhi baku mutu.

Setelah itu baru dilakukan aerasi yang efektif, dengan waktu maksimal 8 jam. Atau dapat langsung dilakukan pengolahan dengan kolam oksidasi.

7.2 Analisa Univariat

Pada analisa univariat ini berusaha untuk menjelaskan karakteristik dari masing-masing parameter yang diukur, yakni pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃. Data hasil pengukuran yang didapatkan sebanyak 25 sampel penelitian, yakni pada inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam, serta kolam oksidasi, yang masing-masing sample berjumlah 5 buah. Kemudian dari hasil pengukuran ini, dianalisa dengan mencari nilai rata-rata (mean). Nilai mean merupakan gambaran konsentrasi dari nilai-nilai hasil pengukuran.

Pada penelitian ini, ditentukan nilai rata-rata dari parameter pH, BOD₅, COD, TSS, dan NH₃. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan nilai baku mutu air limbah yang dapat dibuang ke lingkungan menurut Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 6 Tahun 1999.

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah terkait tentang gambaran limbah tahu. Pemerintah diharapkan melakukan pengecekan berkala pada influent dan efluent pada limbah industri tahu. Hal ini perlu dilakukan agar pembuangan limbah dapat terpantau dengan baik.

7.2.1 pH

Berdasarkan data primer yang diambil dari industri tahu PT. AS, kemudian diperiksa di Laboratorium Kesehatan Lingkungan FKM UI, didapatkan hasil pemeriksaan sampel pada inlet pertama sebesar 5,226. Untuk rata-rata pengukuran inlet kedua adalah sebesar 4,563. Hasil ini masih dibawah baku mutu, karena limbah cair tahu bersifat asam yang berasal dari pengolahan kedelai menjadi tahu. Limbah tahu yang belum diolah memiliki karakteristik pH yang rendah sehingga bersifat asam.

Untuk hasil pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan *activated sludge*, rata-rata pH yang dihasilkan tergantung dari lamanya aerasi yang dilakukan. Untuk aerasi 2 jam rata-rata nilai pH adalah 5,502, untuk aerasi 4 jam

rata-rata pH ialah 5,564, sedangkan untuk rata-rata pH aerasi 6 jam adalah 5,464. Semakin lama aerasi, seharusnya nilai pH semakin mendekati normal yakni 6-7. Tetapi, pada penelitian ini pH turun pada aerasi 6 jam. Hal ini dimungkinkan karena kurang terkontrolnya gelembung yang dipakai untuk aerasi 6 jam. Sehingga aerasi yang dilakukan hanya dipermukaan limbah saja, yang mengakibatkan kenaikan pH yang tidak signifikan. Seluruh aerasi yang dilakukan, outletnya masih belum memenuhi baku mutu. Seharusnya aerasi lebih diefektifkan lagi, dengan cara mengaeraskan sampai ke dasar limbah. Sehingga seluruh bakteri mendapatkan udara dan dapat melakukan pengolahan limbah dengan sempurna. Selain itu, dengan beban pH yang rendah, seharusnya limbah yang akan diolah diendapkan terlebih dahulu, agar terjadi penetralan keasaman. Hal ini dapat menaikkan pH limbah.

Untuk hasil pengolahan limbah dengan menggunakan kolam oksidasi, nilai rata-rata pH menunjukkan angka 5,725. Walaupun pH pada inlet kolam oksidasi lebih rendah, namun rata-rata hasil pengolahan lebih baik daripada nilai rata-rata pH pada pengolahan *activated sludge*. Walaupun nilainya masih diluar baku mutu, tetapi sudah sangat mendekati. Untuk peningkatan pH, kolam oksidasi lebih baik daripada *activated sludge*. Sebaiknya dilakukan pengendapan terlebih dahulu dalam jangka waktu 1 – 2 hari sebelum diolah, agar kenaikan pH lebih optimal dan sesuai dengan baku mutu.

7.2.2 BOD₅

Hasil penelitian rata-rata BOD₅ dari limbah cair industri, tahu baik inlet maupun outlet masih jauh dari baku mutu yakni sebesar 150 mg/l. Untuk rata-rata inlet adalah 1.687,89 mg/l. Walaupun sudah terjadi penurunan bertahap pada setiap waktu aerasi, tetapi penurunannya belum signifikan dan masih jauh diatas baku mutu. Untuk menurunkan tingkat BOD₅ sesuai dengan baku mutu, maka aerasi perlu diefektifkan kembali, sehingga seluruh air limbah mendapatkan oksigen.

Sedangkan pada kolam oksidasi, penurunan BOD₅ yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan aerasi, walaupun masih jauh dari baku mutu yang ditetapkan. Hasil kolam oksidasi jauh diatas hasil aerasi, ini disebabkan karena

tingginya nilai inlet pada kolam oksidasi. Sebaiknya sebelum pengolahan dilakukan pengendapan terlebih dahulu agar penurunan BOD₅ dapat lebih besar lagi.

BOD₅ merupakan jumlah oksigen yang diperlukan bakteri di dalam air limbah untuk menguraikan bahan-bahan organik. Semakin tinggi nilai BOD₅, maka semakin baik kualitas limbah tersebut. Namun harus sesuai dengan baku mutu. Pada industri tahu, BOD₅ yang dihasilkan terlalu tinggi, sehingga penurunannya pun masih belum memenuhi baku mutu.

7.2.3 COD

Penurunan COD secara berkala pada setiap proses pengolahan air limbah sudah terlihat. Hanya saja, hasil penurunannya masih jauh diatas baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan karena limbah yang diolah adalah limbah yang masih segar. Seharusnya limbah diendapkan terlebih dahulu sekitar 1 – 2 hari, sebelum dilakukan pengolahan. Dengan cara tersebut, penurunan COD akan lebih signifikan. Selain itu, pada proses *activated sludge*, lebih diperhatikan aerasinya. semua udara harus menyebar ke seluruh air limbah.

Penurunan COD yang cukup besar terjadi pada kolam oksidasi, walaupun masih jauh diatas baku mutu. Inlet kolam oksidasi sangat tinggi, tetapi setelah pengolahan selama 5 hari, penurunannya jauh dibawah *activated sludge*. Ini menggambarkan bahwa pengolahan limbah dengan menggunakan kolam oksidasi lebih baik daripada *activated sludge*.

7.2.4 TSS

Pada hasil percobaan, didapatkan penurunan TSS yang diolah dengan aerasi selama 2 jam. Namun terjadi peningkatan pada aerasi selanjutnya, yakni aerasi 4 jam dan aerasi 6 jam. Seharusnya penurunan TSS sebanding dengan lamanya aerasi. Hal ini mungkin disebabkan kurangnya pengendapan setelah aerasi, yang mengakibatkan partikel tersuspensi ikut dalam pembuangan air limbah (outlet). Selain itu, dimungkinkan juga karena pada aerasi 4 jam, nutrisi sudah mulai habis sehingga banyak bakteri yang mati dan menjadi endapan.

Pengolahan air limbah dengan menggunakan kolam oksidasi, menunjukkan hasil TSS yang berada dibawah baku mutu. Nilai rata-rata TSS outlet kolam oksidasi adalah 159,75 mg/l. Nilai jauh dari baku mutu yang telah ditetapkan, yakni sebesar 400 mg/l. Hal ini berarti penguraian yang dilakukan bakteri sudah baik, serta pengendapan yang terjadi cukup sempurna.

7.2.5 NH_3

Limbah cair industri tahu, yang mengandung banyak protein membuat nilai NH_3 menjadi sangat tinggi. Namun setelah diaerasikan, rata-ratanya menjadi turun, dan kemudian naik kembali pada aerasi 6 jam. Hal ini dimungkinkan karena kurang efektifnya aerasi yang dilakukan. Selain itu, sudah banyak bakteri yang mati pada tempat pengolahan, sehingga nilai NH_3 menjadi tinggi.

Untuk pengolahan dengan menggunakan kolam oksidasi, hasil yang didapat mengalami fluktuatif. Hasil yang tidak stabil ini dipengaruhi pula oleh cuaca. Karena pengolahan dengan kolam oksidasi cukup bergantung pada cuaca. Ketika panas terik, maka penguraian akan terjadi dengan baik, namun ketika mendung penguraian dengan menggunakan kolam oksidasi menjadi kurang efektif. Pada saat percobaan, cuaca tidak stabil sehingga mempengaruhi hasil penelitian.

Dengan tingginya NH_3 yang dihasilkan, apabila tidak diolah secara seksama, maka akan terjadi pencemaran lingkungan yang secara tidak langsung dapat menimbulkan efek pada kesehatan manusia.

7.3 Analisa Bivariat

Uji mean yang dilakukan adalah uji dua mean dependen (*paired T-Test*). Penelitian ini bersifat eksperimental yang membandingkan hasil sebelum limbah cair diolah dengan setelah pengolahan. Maka kedua sampel bersifat dependen karena kedua kelompok sampel yang dibandingkan mempunyai subyek yang sama, yakni air limbah industri tahu.

7.3.1 pH

Hasil analisa uji mean untuk parameter pH, yang dilakukan pada inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam, serta kolam oksidasi, menunjukkan hasil

yang tidak signifikan. Seluruhnya menunjukkan angka $>0,05$ (CI 95%). Hal ini menunjukkan tidak adanya perbedaan yang bermakna antara inlet dan juga antar pengolahan. Hal kemungkinan karena tingkat keasaman yang tinggi dari inlet limbah, yang sulit untuk dinaikkan. Selain itu, peningkatan yang terjadi tidaklah terlalu banyak.

Seharusnya kenaikan pH sebelum dan setelah pengolahan signifikan. Karena limbah yang ada telah didekomposisi oleh bakteri yang ada. Namun, belum adanya kenaikan yang signifikan disebabkan pula oleh alat yang kurang menunjang.

7.3.2 BOD₅

Pada hasil penelitian didapatkan tidak adanya perbedaan penurunan kandungan BOD₅. Karena seluruh hasil analisa, *p-value* diatas 0,05, yang berarti tidak bermaknanya penurunan BOD₅. Berarti pengolahan air limbah masih belum efektif untuk menurunkan kadar BOD₅ dalam limbah tahu. Ini dimungkinkan aerasi yang kurang menyeluruh serta tidak adanya pengendapan terlebih dahulu.

Agar penurunan BOD₅ bermakna, maka sebaiknya aerator yang digunakan perlu diperhatikan banyaknya udara yang dikeluarkan, agar aerasi yang dilakukan menjadi lebih efektif. Oksigen merata di seluruh air limbah, sehingga bakteri dapat hidup dan menguraikan air limbah dengan baik. Selain itu, limbah yang diolah sebaiknya adalah limbah yang telah diendapkan terlebih dahulu. Karena industri tahu memiliki BOD₅ yang sangat tinggi.

7.3.3 COD

Pada analisa uji mean untuk parameter COD, Semua hasil uji statistik menunjukkan angka $>0,05$, yang berarti tidak ada hubungan yang signifikan pada parameter penurunan COD antara inlet, aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam dan kolam oksidasi.

Tingginya COD pada inlet, menandakan tingginya beban bahan anorganik di dalam air limbah. Kemungkinan berasal dari hasil pengepresan tahu yang mengandung banyak protein. Sehingga membuat COD menjadi tinggi. Oleh karenanya, penurunan COD pada proses penglahan tidaklah terlalu efektif.

7.3.4 TSS

Pada hasil penelitian, diketahui adanya penurunan kandungan TSS yang bermakna. Hal ini terjadi pada uji antara aerasi 4 jam dengan aerasi 6 jam, yakni sebesar 0,001. Nilai ini menandakan adanya hubungan yang bermakna, karena *p-value*nya <0,05 (CI 95%). Dengan adanya aerasi maksimal, dapat menurunkan kandungan TSS menjadi dibawah baku mutu. Karena oksigen yang ada di dalam air membuat bakteri menguraikan padatan suspensi dan membuatnya mengendap. Sehingga padatan tersuspensi didalam air limbah jauh berkurang.

Sedangkan uji kandungan TSS pada pengolahan lainnya belum menunjukkan hasil yang signifikan. Yakni *p-value* masih >0,05. Hal ini mungkin disebabkan kurang lamanya waktu pengendapan yang dilakukan. Sehingga padatan tersuspensi dalam air limbah masih banyak dan terbawa ke outlet.

7.3.5 NH₃

Hasil uji statistik pada uji mean parameter NH₃, menunjukkan hasil yang kebanyakan tidak signifikan, yakni nilai *p-value* >0,05. Yakni pada pengolahan dengan aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, dan aerasi 6 jam. Hal ini dimungkinkan karena kadar NH₃ yang tinggi pada inlet, yang berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air limbah.

Namun, pada uji mean antara inlet dengan kolam oksidasi, menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna, yakni dengan *p-value* 0,026. Maka, dapat dilihat bahwa ada perbedaan yang signifikan dengan pengolahan menggunakan kolam oksidasi. NH₃ mengalami penurunan, hal ini dimungkinkan karena lamanya waktu kontak dengan udara (selama 5 hari), yang membuat bakteri memiliki waktu yang cukup untuk menguraikan air limbah. Tetapi hasil yang belum memenuhi baku mutu ini dipengaruhi oleh faktor iklim serta sinar matahari. Saat dilakukan percobaan cuaca tidak menentu. Sehingga ada saat bakteri tidak menguraikan limbah secara optimal.

Agar limbah yang diolah tidak menimbulkan bau yang menyengat, maka sebaiknya dilakukan *maintenance* dan pembersihan sistem pengolahan limbah secara berkala.

7.4 Analisa Efisiensi

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi alat yang digunakan dalam pengolahan limbah. Yakni *activated sludge* dengan aerasi 2 jam, aerasi 4 jam, aerasi 6 jam serta kolam oksidasi selama 5 hari. Parameter yang diukur adalah pH, BOD₅, COD, TSS, NH₃.

7.4.1 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 2 Jam

Pada pengolahan ini, yang memenuhi standar efisiensi hanya TSS dengan nilai 37,4%. Sedangkan parameter lainnya masih jauh dari standar efisiensi. Nilai efisiensi untuk BOD₅, COD, serta NH₃ masih sangat jauh dari standar.

Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah tahu menggunakan *activated sludge* dengan aerasi 2 jam belum efisien. Dikarenakan banyaknya parameter yang belum memenuhi standar.

7.4.2 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 4 Jam

Pada pengolahan ini, yang memenuhi standar efisiensi hanya TSS dengan nilai 31,6%. Terjadi penurunan efisiensi TSS dari aerasi 2 jam sebesar 5,8%. Hal ini mungkin disebabkan karena pengendapan yang kurang sempurna. Sehingga masih ada padatan tersuspensi yang ikut terambil. Sedangkan nilai efisiensi untuk parameter BOD₅, COD, serta NH₃ masih sangat jauh dari standar. Walaupun sudah meningkat dari pengolahan dengan aerasi 2 jam.

Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah tahu menggunakan *activated sludge* dengan aerasi 4 jam lebih baik daripada pengolahan menggunakan *activated sludge* dengan aerasi 2 jam. Walaupun hasilnya masih belum memenuhi standar.

7.4.3 Pengolahan *Activated Sludge* Dengan Aerasi 6 Jam

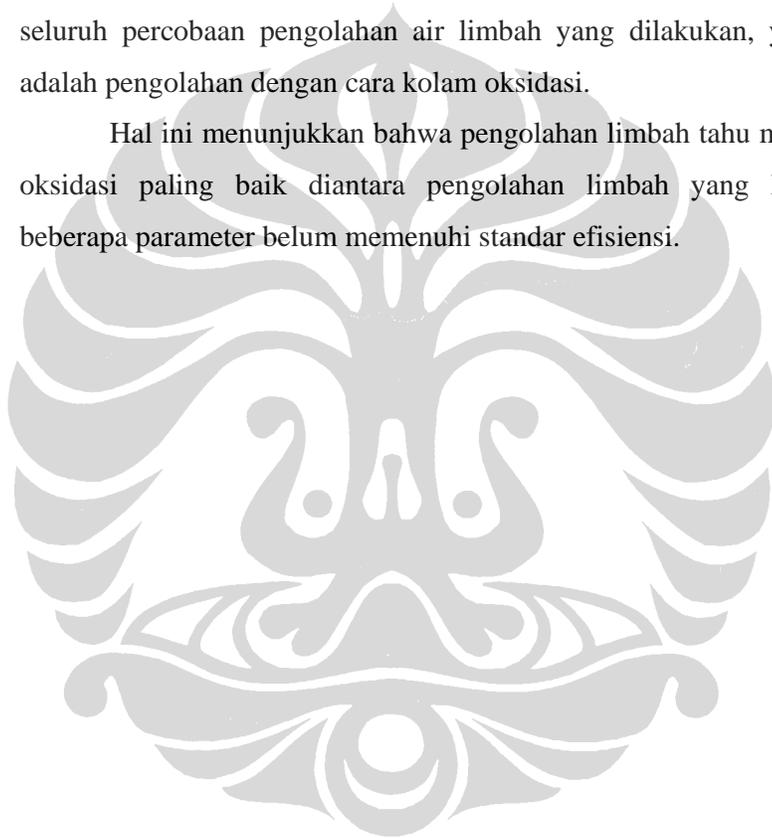
Pada pengolahan ini, yang memenuhi standar efisiensi hanya TSS dengan nilai 30,6%. Terjadi penurunan efisiensi TSS dari aerasi 4 jam. Hal ini mungkin disebabkan karena pengendapan yang kurang sempurna serta aerasi yang kurang efektif. Sedangkan nilai efisiensi untuk parameter BOD₅, COD, serta NH₃ masih sangat jauh dari standar. Untuk parameter NH₃ terjadi penurunan dari aerasi 4 jam.

Hal ini mungkin karena pengaerasian yang dilakukan tidak sampai merata di dalam air limbah.

7.4.4 Pengolahan Dengan Kolam Oksidasi

Hasil perhitungan efisiensi pada pengolahan dengan cara kolam oksidasi menunjukkan hasil yang baik, namun belum memenuhi standar efisiensi. Hanya parameter TSS yang memenuhi standar efisiensi. Nilainya jauh melampaui standar, yakni 76,7%. Sedangkan untuk NH_3 , mendekati standar efisiensi. Dari seluruh percobaan pengolahan air limbah yang dilakukan, yang paling efisien adalah pengolahan dengan cara kolam oksidasi.

Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah tahu menggunakan kolam oksidasi paling baik diantara pengolahan limbah yang lainnya. Walaupun beberapa parameter belum memenuhi standar efisiensi.



BAB VIII

PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI TAHU

8.1 Debit Air Limbah

Kedelai yang digunakan oleh PT. AS setiap harinya adalah sekitar 2000 kg. Dan air yang digunakan adalah sekitar 50 m³/hari. Maka dapat dihitung penggunaan air per kg kedelai adalah :

$$\begin{aligned}\text{Penggunaan air} &= \frac{50.000 \text{ liter}}{2000 \text{ kg}} \\ &= 25 \text{ liter/kg}\end{aligned}$$

Jadi, air yang digunakan untuk memproses kedelai menjadi tahu adalah 25 liter/kg.

Air limbah yang dihasilkan adalah 80% dari jumlah air yang dipakai. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Air Limbah} &= \frac{80}{100} \times 50 \text{ m}^3 \\ &= 40 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi, air limbah yang dihasilkan PT. AS adalah 40 m³/hari.

Sehingga debit air limbah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Debit} &= \frac{40 \text{ m}^3}{8 \text{ jam}} \\ &= 5 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ atau } 83,33 \text{ l/menit}\end{aligned}$$

Jadi, debit limbah yang dikeluarkan PT. AS selama jam kerja adalah 5 m³/jam, hanya dalam waktu 8 jam.

8.2 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

- **Saringan Kasar**

Saringan kasar diperlukan dalam pengolahan air limbah. Saringan ini digunakan untuk memisahkan sampah padat dengan air limbah. Saringan kasar ini diletakkan sebelum bak kontrol. Saringan kasar ini adalah saringan yang berukuran 3 cm.

- **Saringan Halus**

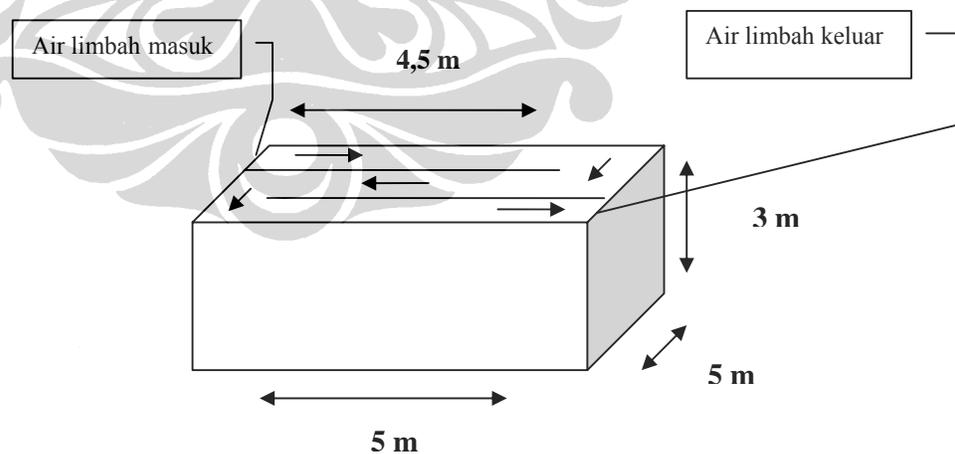
Dalam pengolahan air limbah industri tahu, saringan halus sangatlah diperlukan. Hal ini dikarenakan banyak padatan kecil yang ikut didalam air limbah yang berasal dari perasan tahu. Saringan halus ini adalah saringan yang memiliki ukuran 0,2 x 0,2 cm. Dan saringan ini diletakkan setelah bak kontrol, sebelum masuk ke pengolahan selanjutnya.

- **Bak Pengendap**

Bak pengendap dibuat untuk mengendapkan air limbah yang dihasilkan industri tahu, dengan tujuan untuk mengendapkan padatan tersuspensi. Karena dalam air limbah tahu, memiliki TSS, COD dan BOD yang sangat tinggi.

Bak pengendap yang dibuat bervolume 75 m^3 dengan panjang 5 m, lebar 5 m dan tinggi 3 m. *Retention time* air limbah di dalam bak pengendap ini sekitar 45 jam.

Bak pengendap dibuat berliku-liku agar air limbah mendapatkan waktu yang cukup untuk mengendapkan padatan tersuspensi. Panjang penghalang ini adalah 4,5 m. Air dari bak pengendap akan masuk kedalam kolam oksidasi. Perjalanan air ini tidak memerlukan pompa, karena struktur geografis tanah di lingkungan PT. AS menurun, sehingga hanya memerlukan gravitasi.



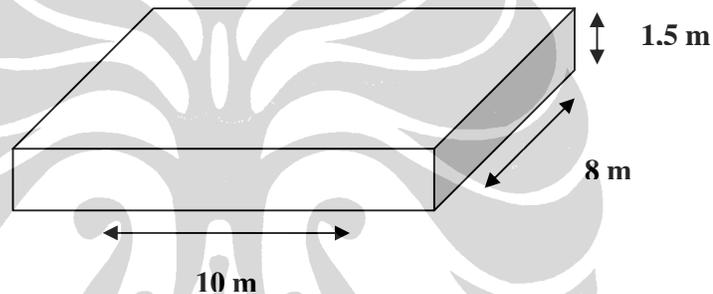
Gambar 3 : Rancangan Bak Pengendap

8.3 Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

- **Kolam Oksidasi**

Pengolahan kolam oksidasi dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan, ternyata memiliki efisiensi yang paling tinggi. Dengan penurunan parameter TSS, BOD, COD, serta NH_3 yang paling tinggi. Kolam oksidasi yang digunakan adalah kolam oksidasi dengan *retention time* 72 jam. Maka volume kolam sebesar 120 m^3 , dengan panjang 10 m, lebar 8 m, dan tinggi 1,5 m.

Air dari kolam oksidasi akan masuk kedalam bak uji. Perjalanan air ini tidak memerlukan pompa, karena struktur geografis tanah di lingkungan PT. AS menurun, sehingga hanya memerlukan gravitasi.



Gambar 4 : Rancangan Kolam Oksidasi

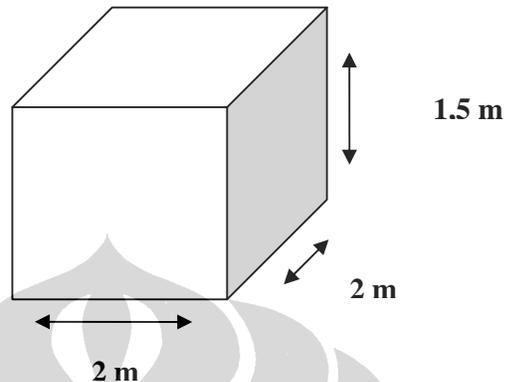
- **Bak Uji**

Untuk menguji apakah limbah yang telah diolah aman bagi lingkungan, maka dibangun bak uji. Di dalam bak uji ini dipelihara ikan-ikan, mulai dari ikan lele, gurame sampai ikan mas. Untuk membuktikan limbah telah aman bagi makhluk hidup. Volume bak ini sebesar 6 m^3 dengan ukuran $2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$. *Retention time* air limbah selama 3 jam.

Sehingga limbah yang diolah baru akan dibuang ke badan air setelah memakan waktu selama $120 \text{ jam} \approx 5 \text{ hari}$. Mulai dari bak pengendap sampai ke bak uji dan dibuang ke badan air.

Jumlah seluruh lahan yang diperlukan untuk pembangunan pengolahan air limbah dengan menggunakan kolam oksidasi adalah 109 m^2 . Pengolahan ini memang memerlukan banyak lahan, tetapi tidak memerlukan perawatan yang sulit

dan tidak memerlukan listrik. Seluruh pengolahan limbah dibuat dengan teknologi tepat guna, yang hanya membutuhkan sedikit biaya. Kolam-kolam ini dibuat dengan menggali tanah dan melapisinya dengan plastik kedap air.



Gambar 5 : Rancangan Bak Uji

8.4 Biaya

1. Saringan Kasar
Pembelian Saringan Kasar Rp. 40.000
2. Saringan Halus
Pembelian Saringan Kasar Rp. 60.000
3. Pekerja Pembuat Sistem Pengolahan Limbah
5 orang x 7 hari x Rp.75.000,00 Rp.2.625.000
4. Plastik penutup/ terpal
 - Bak Pengendap
luas permukaan $27 \text{ m}^2 + 85 \text{ m}^2$ x Rp.10.000 Rp.1.120.000
 - Kolam oksidasi
luas permukaan 134 m^2 x Rp.10.000 Rp.1.340.000
 - Bak Uji
luas permukaan 16 m^2 x Rp.10.000 Rp. 160.000

Total biaya Rp. 5.345.000

Total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sarana pengolahan limbah tahu di PT. AS adalah sebesar Rp. Rp. 5.345.000,00, dengan umur sarana diasumsikan selama 5 tahun. Sehingga *unit cost* yang dikeluarkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$5 \text{ tahun} \times 12 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} = 1800 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Unit cost} &= \frac{\text{Rp.5.345.000}}{1800 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp.2.969} \approx \text{Rp.3.000/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Maintenance} &= \text{Rp.300.000/6 bulan} \\ &= \text{Rp.1.666} \approx \text{Rp.1.700/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Unit cost} &= \text{Rp.3.000} + \text{Rp.1.700} \\ &= \text{Rp.4.700/hari} \end{aligned}$$

Jadi, biaya yang dikeluarkan untuk pengolahan limbah setiap harinya adalah Rp.4.700,00