

DAFTAR PUSTAKA

- Balfanz J & Rehm HJ, 1991, *Biodegradation of 4-chlorophenol by adsorptive immobilized Alcaligenes sp. A 7-2 in soil*, Appl. Microbiol. Biotechnol, 35: 662–668.
- Bambang Triono Basuki, 2001, *Pengolahan Limbah Cair Tank Cleaning Tangki Timbun Instalasi Pertamina UPPDN IV Semarang*, Jurnal Reaktor, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Beltrame P, Beltrame PL & Carniti P, 1984, *Inhibiting action of chloro- and nitro-phenols on biodegradation of phenol: A structure-toxicity relationship*. Chemosphere 13: 3–9.
- C. Totok Sutrisno, Eni Suciastuti, 2004, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, edisi 5, PT. RINEKA CIPTA, Jakarta.
- Driyanti Rahayu, 2007, *Produksi Polihidroksialkanoat Dari Air Limbah Industri Tapioka dengan Sequencing Batch Reaktor*, Jurnal Penelitian Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Dwi Suryanto, 2003, *Biodegradasi Aerobik Senyawa Hidrokarbon Aromatik Monosiklis oleh Bakteri*, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Hammer, Mark J, 1931, *Water and Wastewater Technology*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Ignasius DA. Sutapa, 1999, *Lumpur Aktif : Alternatif Pengolah Limbah Cair*, Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan; No.3; 25-38, Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI, Cibinong.
- Ignasius DA. Sutapa, 2000, *Teori Bioflokulasi Sebagai Dasar Pengelolaan Sistem Lumpur Aktif*, Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan, Vol. 2, No.1; 76-83, Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI, Cibinong.
- Metcalf and Eddy, 2004, *Wastewater Engineering*, 4th edition, Mc Graw Hill International Editions, New York.
- Robert H. Perry, 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th edition,, Mc Graw Hill International Editions, New York.
- Schmidt SK, Scow KM & Alexander M, 1987, *Kinetics of p-nitrophenol mineralization by a Pseudomonas sp.: Effects of secondary substrates*. Appl. Environ. Microbiol. 53: 2617–2623

- Sri Sumarsih, 2003, *Diktat Kuliah Mikrobiologi Dasar*, Ilmu Tanah, Universitas Veteran, Yogyakarta.
- Thomas JM & Ward CH, 1989, *In situ Bioremediation of Organic Contaminants in the Subsurface*. Environ. Sci. Technol. 23: 760–766.
- Young-Gyun Cho, Sung-Keun Rhee and Sung-Taik Lee, 2000, *Influence of Phenol on Biodegradation of p-Nitrophenol by Freely Suspended and Immobilized Nocardioideae sp.NSP41*, Biodegradation, 11:21-28.
- Y.P. Ting, *H. Imai and S. Kinoshita, 1994, *Effect of Shock-Loading of Heavy Metals on Total Organic Carbon and Phosphat Removal in an Anaerobic- Aerobic Activated Sludge Process*, World Journal of Microbiology & Biotechnology.
- Zaidi BR & Mehta NK, 1995, *Effects of organic compounds on the degradation of p-nitrophenol in lake and industrial wastewater by inoculated bacteria*. Biodegradation 6: 275–281.

Lampiran 1

DESKRIPSI CARA KERJA DAN ANALISA

a. Pembuatan Limbah Cair Jamu Sintetik

Timbang sejumlah berat pati dan fenol kemudian masukkan fenol dan pati ke dalam tandon feed dan tambahkan air sampai volume 60 liter (tandon penuh) sambil terus diaduk. Dilakukan sampai diperoleh limbah sintetik dengan kadar COD, fenol yang diinginkan sesuai variabel.

b. Pembuatan Lumpur Aktif dari Pupuk Kandang

Timbang sejumlah berat pupuk kandang kemudian larutkan dengan air. Aduk hingga kompos terlarut dalam air. Diamkan selama 10 menit hingga kotoran mengendap. Pisahkan endapan dan ambil filtratnya. Analisa filtrat untuk mendapatkan MLSS sesuai variabel yang diinginkan.

c. Proses Pengaktifan Lumpur (Seeding)

Masukkan lumpur aktif ke dalam bioreaktor. Tambahkan air limbah yang sudah diencerkan 1:4, selanjutnya berturut-turut kadar air limbah diturunkan 1:3, 1:2, 1:1 dan limbah tanpa pengenceran. Kemudian ditambahkan pupuk urea dan TSP sebagai sumber N dan P dengan rasio = COD : N : P = 300 : 5 : 1. Tambahkan mikronutrient yaitu Cu 50 µg/L. Seeding dilakukan kurang lebih selama 2 minggu.

d. Analisa MLSS

Terlebih dahulu dilakukan analisa SVI dengan cara lumpur aktif diambil 1000 ml dan dimasukkan dalam Imhoff Cone. Diamkan selama 30 menit, catat endapan yang diperoleh (ml/ 1000 ml) kemudian lumpur aktif yang telah dianalisa SVI-nya diambil 100 ml untuk disaring dengan kertas saring yang sudah diketahui beratnya. Residu dan kertas saring dioven pada suhu 1000°C selama 2 jam hingga masanya konstan. MLSS dihitung dengan rumus :

$$MLSS = \frac{(\text{massa residu} + \text{massa kertas saring}) - \text{massa kertas saring}}{\text{Volume Sampel}} \times 10^6 \times 10$$

e. Analisa COD

a) Bahan yang digunakan per sampel adalah 10 ml larutan $H_2C_2O_4$ 0,01 N, 5 ml larutan H_2SO_4 4 N dan larutan $KMnO_4$

b) Prosedur Analisa COD

Pertama-tama lakukan standarisasi larutan $KMnO_4$ dengan cara ambil 10 ml larutan $H_2C_2O_4$ 0,01 N dan 5 ml H_2SO_4 4 N, masukkan ke dalam erlenmeyer. Campuran kemudian dipanaskan sampai suhu $70-80^{\circ}C$. Campuran dititrasi dengan larutan $KMnO_4$ sedikit demi sedikit sampai warna merah anggur yang tidak hilang dengan penggojogan. Catat kebutuhan titran (b ml). Hitung normalitas $KMnO_4$ dengan rumus:

$$N_{KMnO_4} = \frac{(V \times N)_{H_2C_2O_4}}{V_{KMnO_4}}$$

Analisa COD dilakukan dengan cara ambil limbah yang sudah digojog sebanyak 1 ml, diencerkan menjadi 10 ml, kemudian dimasukkan erlenmeyer. Tambahkan 5 ml H_2SO_4 4N ke dalam erlenmeyer dan larutan $KMnO_4$ hasil standarisasi (b ml) dipanaskan sampai mendidih selama 10 menit. Tambahkan 10 ml $H_2C_2O_4$ 0,01 N dan pertahankan suhu $70-80^{\circ}C$. Titrasi dengan larutan $KMnO_4$ standar sampai tercapai TAT (a ml). Hitung beban COD dengan rumus:

$$COD = [(a + b) \times N_{KMnO_4 \text{ standarisasi}} - (V \times N)_{H_2C_2O_4}] \times 8000 \times 10$$

f. Analisa Fenol

a) Bahan yang digunakan adalah larutan 4-Aminoantipyrine (20 gr / L) yang dibuat dengan cara melarutkan 2 gram 4-Aminoantipyrine dalam air dan diencerkan hingga 100 ml, Larutan NH_4Cl (20 gr / L) yang dibuat dengan cara melarutkan 20 gr NH_4Cl dalam air dan encerkan hingga 1L, NH_4OH pekat, dan larutan $K_3Fe(CN)_6$ (80 gr/ L) yang dibuat dengan melarutkan 8 gr $K_3Fe(CN)_6$ dalam air dan encerkan hingga 100 ml, dan larutan Phenol Standart yang terdiri dari :

- Larutan blanko aquadest (0 mgr/L)
- Larutan 0,1 gr phenol dalam air hingga 1 L (100 mgr/ L)
- Larutan 10 ml lar (a) hingga 100 ml (10 mgr/L)
- Larutan 10 ml lar (b) hingga 100 ml (1 mgr/L)

b) Prosedur Analisa Fenol

Analisa fenol menggunakan alat Spektrofotometer. Pertama-tama lakukan kalibrasi spektrofotometer dengan menggunakan 100 ml larutan blanko kemudian lakukan prosedur analisa. Ambil 100 ml sampel, masukkan dalam beakerglass. Tambahkan 5 ml larutan NH_4Cl . Atur pH 9,8 – 10,2 dengan NH_4OH pekat. Tambahkan 2 ml larutan 4-Aminoantipyrine. Campurkan dengan cepat. Tambahkan 2 ml larutan $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. Campurkan dengan cepat. Biarkan 15 menit. Ukur pada panjang gelombang 510 nm.

Lampiran 2

PEMBUATAN REAGEN

- ❖ Larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,01 N (500 ml)

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \frac{(N \times V \times BM)_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{n} \\ &= \frac{0,01 \times 0,5 \times 90}{2} \\ &= 0,225 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ❖ Larutan KMnO_4 0.012 N (1000 ml)

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \frac{(N \times V \times BM)_{\text{KMnO}_4}}{n} \\ &= \frac{0,012 \times 1 \times 158}{1} \\ &= 1,9 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ❖ Larutan H_2SO_4 4N (250 ml)

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \frac{(N \times V \times BM)_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 100}{n \times 98} \\ &= \frac{4 \times 0,25 \times 98 \times 100}{2 \times 98} \\ &= 50 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\rho \text{H}_2\text{SO}_4 = 1,8261 \text{ gr/ml}$$

$$\begin{aligned}V &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{50}{1,8261} \\ &= 27,38 \text{ ml}\end{aligned}$$

Lampiran 3

PERHITUNGAN

❖ Standarisasi KMnO_4

$$V \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 10 \text{ ml}$$

$$N \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,01$$

$$V \text{KMnO}_4 = 6,2 \text{ ml (b)}$$

$$\begin{aligned} N \text{KMnO}_4 &= \frac{(V \times N) \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}{V \text{KMnO}_4} \\ &= \frac{10 \times 0,01}{6,2} \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

Standarisasi dilakukan setiap akan melakukan analisa. Analog dengan cara diatas didapat normalitas KMnO_4 untuk setiap standarisasi yang dilakukan pada analisa-analisa selanjutnya.

❖ Analisa kadar COD

- COD awal pada MLSS = 2986,18 mg/L dan beban fenol = 0 mg/L

$$V \text{KMnO}_4 = 2,9 \text{ ml (a)}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= [(a + b) \times N \text{KMnO}_4 \text{ standarisasi} - (V \times N) \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \times 8000 \times 10 \\ &= [(2,9 + 6,2)] \times 0,016 - (10 \times 0,01) \times 80000 \\ &= 3648 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- COD akhir pada MLSS = 2986,18 mg/L dan beban fenol = 0 mg/L

$$V \text{KMnO}_4 = 2,2 \text{ ml (a)}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= [(a + b) \times N \text{KMnO}_4 \text{ standarisasi} - (V \times N) \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \times 8000 \times 10 \\ &= [(2,2 + 6,2)] \times 0,016 - (10 \times 0,01) \times 80000 \\ &= 2794,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Analog dengan cara diatas didapat kadar COD awal dan akhir untuk semua variabel seperti tabel di bawah ini :

MLSS	Beban fenol	COD awal	COD akhir
2986,18	0	3648	2794,67
4175,58	0	3612,9	2581,33
5025,16	0	3560	2200
3156,09	3	3593,2	2508,47

4175,58	3	3520	1834,67
5025,16	3	3517	1747,1
3326,01	6	3525,42	1740,11
4005,67	6	3540,98	1704,9
5195,07	6	3574,46	1645,38
3156,09	9	3567,56	2234,2
4175,58	9	3512	1669,33
5025,16	9	3659,57	2099,28
3156,09	12	3569,23	2789,74
4175,58	12	3648	2752
5025,16	12	3582,08	2587,06
5195,07	6	3538,46	1589,74

❖ Persentase penurunan COD

$$\% \text{ penurunan COD} = \frac{COD_{awal} - COD_{akhir}}{COD_{awal}} \times 100\%$$

Dengan rumus diatas didapat penurunan COD seperti di bawah ini :

MLSS	Beban fenol	% penurunan COD
2986,18	0	23,39%
4175,58	0	28,55%
5025,16	0	38,20%
3156,09	3	30,18%
4175,58	3	47,88%
5025,16	3	50,32%
3326,01	6	50,64%
4005,67	6	51,85%
5195,07	6	53,97%
3156,09	9	37,37%
4175,58	9	52,46%
5025,16	9	42,63%
3156,09	12	21,84%
4175,58	12	24,56%
5025,16	12	27,77%
5195,07	6	55,07%

❖ Analisa kadar fenol

Analisa fenol dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi pada panjang gelombang 510 nm menggunakan spektrofotometri.

Data absorbansi untuk larutan standart yang digunakan :

Absorbansi (x)	Kadar fenol,mg/L (y)
0	0
0,06	1
0,15	10
1,63	100

Dengan metode least square diperoleh persamaan:

$$y = 61,40x - 0,61$$

dimana: y = Kadar fenol (mg/L)

x = Absorbansi

Dengan persamaan diatas diperoleh kadar fenol untuk masing-masing sampel sebagai berikut :

MLSS	Fenol awal	Absorbansi	Fenol akhir
2986,18	0	0	0
4175,58	0	0	0
5025,16	0	0	0
3156,09	3	0,01	0,004
4175,58	3	0,01	0,004
5025,16	3	0,01	0,004
3326,01	6	0,02	0,618
4005,67	6	0,01	0,004
5195,07	6	0,01	0,004
3156,09	9	0,11	6,144
4175,58	9	0,1	5,53
5025,16	9	0,08	4,302
3156,09	12	0,17	9,828
4175,58	12	0,15	8,6
5025,16	12	0,14	7,986
5195,07	6	0,08	4,302

❖ Presentase penurunan fenol

$$\% \text{ penurunan fenol} = \frac{\text{Fenol}_{\text{awal}} - \text{Fenol}_{\text{akhir}}}{\text{Fenol}_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Dengan rumus diatas didapat penurunan fenol seperti di bawah ini :

MLSS	Beban fenol	% penurunan fenol
2986,18	0	0%
4175,58	0	0%
5025,16	0	0%
3156,09	3	99,9%
4175,58	3	99,9%
5025,16	3	99,9%
3326,01	6	89,7%
4005,67	6	99,9%
5195,07	6	99,9%
3156,09	9	31,7%
4175,58	9	38,6%
5025,16	9	52,2%
3156,09	12	18,1%
4175,58	12	28,3%
5025,16	12	33,5%
5195,07	6	28,30%

Lampiran 4

DOKUMENTASI

1. Foto saat Seeding

a. Foto Gelembung Gas yang Timbul

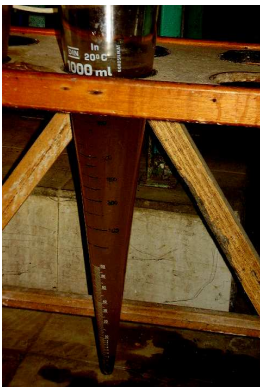


b. Foto Lumpur Aktif Anaerob



2. Metode Penelitian

a. Foto Menghitung SVI dan MLSS dalam Imhoff Cone



b. Foto Rangkaian Alat Penelitian



3. Foto Saat Analisa Kadar COD



4. Foto Contoh Sampel Saat Analisa Kadar Fenol

