

The use of aerobic bacteria to reduce organic pollutant in pulp industrial waste liquid

By

**Isnauli Simatupang¹⁾, Drs. M Hasbi, M.Si²⁾, Budijono, S.Pi, M. Sc²⁾
isnauli_simatupang@yahoo.com**

ABSTRACT

The effectiveness of waste water treatment plant PT. Toba Pulp Lestari, Tbk in reducing organic pollutant (BOD, COD) content in liquid waste is relatively low as the number of decomposer bacteria is low. To increase the effectiveness of waste water treatment plant in reducing organic pollutant, aerobic bacteria addition is needed. To understand the effectiveness of the aerobic bacteria in reducing organic pollutant, a study has been conducted in December 2015. The aerobic bacteria was taken from the *alkali sewer* waste and it is used to reduce the organic pollutant in the waste was taken from *deep tank aeration system*. There were control (0L), 0.25L (P1), 0.5L (P2) and 0.75L (P3) of liquid waste that content of aerobic bacteria in 3L waste was taken from *deep tank aeration system*. The best result were obtained in P3, by the end of experiment, there was 83 mg/L of BOD and 86 mg/L of COD. All of the treated waste were then used to rear *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* fingerlings for two days. Survival rate of the fish were 100%. Based on data obtained, it can be concluded that all of treated waste can be used for rearing the fish.

Key Words: Aerobic bacteria, BOD, COD, pulp industrial waste liquid

¹⁾ **Student of the Fisheries and Marine Science, University of Riau**

²⁾ **Lecture of the Fisheries and Marine Science, University of Riau**

Pemanfaatan Bakteri Aerob untuk Menurunkan Polutan Organik Limbah Cair Pulp dan Media Hidup Ikan

Oleh

**Isnauli Simatupang¹⁾, Drs. M Hasbi, M.Si²⁾, Budijono, S.Pi, M. Sc²⁾
isnauli_simatupang@yahoo.com**

ABSTRAK

Instalasi pengolahan limbah PT. Toba Pull Lestari, Tbk tidak efektif dalam menurunkan polutan organik (BOD, COD). Hal ini disebabkan rendahnya populasi bakteri pengurai dalam unit pengolahan utama, sehingga perlu dilakukan penambahan bakteri untuk meningkatkan efektifitas pengolahan di IPAL. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri aerob dalam menurunkan polutan organik dalam limbah cair pulp. Penelitian ini

dilaksanakan pada bulan Desember 2015. Bakteri aerob yang digunakan berasal dari limbah *alkali sewer* untuk menurunkan polutan organik dalam limbah *deep tank aeration system*. Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan yaitu: 0L (P0), 0.25L (P1), 0.5L (P2) dan 0.75L (P3). Volume limbah yang digunakan adalah 3 liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik adalah P3 dengan penurunan polutan organik sebesar 83 mg/L untuk BOD dan 86 mg/L untuk COD. Sedangkan kelulushidupan ikan mencapai 100%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah yang sudah diolah sudah dapat digunakan untuk memelihara ikan.

Key Words: Bakteri Aerob, BOD, COD, Limbah Cair Pulp

¹⁾ Student of the Fisheries and Marine Science, University of Riau

²⁾ Lecture of the Fisheries and Marine Science, University of Riau

PENDAHULUAN

Toba Pulp Lestari, Tbk merupakan satu-satunya perusahaan pulp di daerah Toba yang memproduksi pulp dengan bahan dasar kayu *Eucalyptus* dan mulai beroperasi tahun 2003 dengan kapasitas produksi maksimum sebesar 550 ton/hari. Dalam kegiatan produksinya PT. Toba Pulp Lestari, Tbk menghasilkan limbah cair yang jumlahnya tidak sedikit yaitu sekitar 60000-80000 m³/hari. Limbah cair ini berasal dari aktivitas produksi seperti pencucian *log*, proses pembuburan, proses *bleaching* dan proses lainnya. Limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas produksi di area *Mill* (pabrik) akan diolah di IPAL dan nantinya akan dibuang ke lingkungan.

Limbah cair yang diolah di IPAL berasal dari *digester plant* dan *bleaching plant*. *Digester plant* menghasilkan limbah yang bersifat basa (*alkali sewer*) dan tidak mengandung residual klorin. Sedangkan *bleaching plant* menghasilkan limbah yang bersifat asam (*acid sewer*) dan mengandung residual klorin yang sangat tinggi. Limbah *alkali sewer* dan *acid sewer* dialirkan ke *deep tank aeration system* untuk diolah secara biologi dengan lumpur aktif (*activated sludge*). Namun pengolahan limbah secara biologi yang terjadi didalam *deep tank aeration system* tidak optimal. Pengolahan yang tidak optimal disebabkan populasi bakteri yang terdapat didalam *deep tank aeration system* yang berperan dalam penguraian bahan organik sedikit.

Hal ini diduga disebabkan masuknya limbah *acid sewer* kedalam unit lumpur aktif menyebabkan peningkatan residual klorin dalam unit lumpur aktif. Peningkatan residual klorin dalam IPAL dapat menghambat pertumbuhan bakteri bahkan mematikan bakteri yang udah ada sehingga populasi bakteri menjadi sedikit (Ahmad, 2006). Sedikitnya populasi bakteri aerob dalam unit lumpur aktif menyebabkan penguraian bahan organik dalam IPAL tidak sempurna, sehingga kadar BOD dan COD pada limbah cair yang sudah diolah masih tetap tinggi (melebihi baku mutu).

Untuk meningkatkan kualitas limbah cair yang diolah di *deep tank aeration system*, maka perlu dilakukan penambahan bakteri yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik didalam limbah itu sendiri. Bakteri yang ditambahkan berasal dari proses kultur menggunakan limbah cair yang berasal dari IPAL itu sendiri. Limbah cair yang digunakan berasal dari 3 sumber yaitu *deep tank aeration system*, *alkali sewer* dan *acid sewer*. Limbah *alkali sewer* merupakan limbah cair yang mempunyai suhu

yang tinggi (62°C), bersifat basa (pH: 10.54) dan tidak mengandung residual klorin. Limbah *acid sewer* merupakan limbah cair yang bersifat asam (pH: 2.5) mempunyai suhu yang tinggi (72°C) dan mengandung residual klorin yang tinggi.

Rendahnya populasi bakteri aerob dalam *deep tank aeration system* kemungkinan juga disebabkan rendahnya nutrien dalam limbah, sehingga dalam proses kultur dilakukan penambahan bahan organik. Penambahan bahan organik bertujuan untuk menyuplai nutrien yang dibutuhkan bakteri untuk tumbuh dan berkembang. Untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair pulp, maka penulis tertarik untuk melakukan penambahan bakteri aerob yang berasal IPAL itu sendiri untuk menurunkan BOD dan COD. Untuk menguji kualitas air limbah yang sudah diolah, maka air limbah hasil olahan digunakan untuk memelihara benih mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015 di PT.

Toba Pulp Lestari, Tbk. Analisis BOD dan COD limbah cair dilakukan di Lab. *Environmental section* PT. Toba Pulp Lestari, Tbk Desa Sosor Ladang Kecamatan Parmaksian Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara.

Alat yang digunakan adalah wadah, pH meter, DO meter, BOD Track, LiOH, Nutrient for BOD, COD Vial, COD Reaktor, akuades, selang, percabangan selang, *autoclave*, *dropper*, *petri disc*, PCA, Erlenmeyer, gelas ukur, *air compressor*, pipet tetes, botol sampel, gelas ukur, kertas label, jerigen, ember, timbangan analitik, hot plate, test tube, paku, gunting, karet gelang, tiang titrasi, rak tabung reaksi, plastik bening, isolasi, incubator, beker *glass* dan kamera.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah *deep tank aeration system*, air limbah *alkali sewer*, air limbah *acid sewer*, akuades, COD vial, LiOH, Nutrient for BOD, kotoran sapi, larutan pupuk urea (12.500 mg/L), pupuk urea, ikan Mas (*C. Carpio*), ikan Nila (*O. niloticus*) dan bakteri aerob.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode

eksperimen. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mendapatkan biakan bakteri tertinggi yang akan digunakan untuk meningkatkan kualitas limbah dari *deep tank aeration system*. Penelitian tahap ini dilakukan menggunakan 3 jenis limbah cair yang berbeda, yaitu: *deep tank aeration system* (P1), *alkali sewer* (P2) dan *acid sewer* (P3). Limbah *alkali sewer* merupakan limbah cair yang mempunyai suhu yang tinggi, bersifat basa dan tidak mengandung residual klorin. Limbah *acid sewer* merupakan limbah cair yang bersifat asam, mempunyai suhu yang tinggi dan mengandung residual klorin yang tinggi. Sebelum membuat perlakuan untuk penelitian, limbah dari *alkali sewer* dan *acid sewer* terlebih dahulu didinginkan sampai suhunya sama dengan suhu di *deep tank aeration system* yaitu sekitar 35⁰C. Limbah *deep tank aeration system* adalah limbah yang sudah mengandung bahan organik dan mengandung residual klorin sedang.

Masing-masing perlakuan ditambahkan dengan 40 g kotoran sapi dan 40 ml larutan urea. Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 9 satuan percobaan dengan volume limbah yang digunakan untuk setiap satuan percobaan adalah 3 liter. Wadah yang digunakan terbuat dari wadah plastik berdiameter 20 cm. Respon yang diamati pada penelitian tahap ini adalah kelimpahan bakteri aerob yang tumbuh. Perhitungan bakteri dilakukan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*) dengan persamaan menurut (Dwidjoseputro, 2005), yaitu:

Koloni per ml = jumlah koloni percawan x 1/ faktor pengenceran
Hasil pengamatan selama penelitian pendahuluan disajikan pada Tabel 1.

populasi bakteri aerob yang paling tinggi terdapat pada P2, yaitu dari 10.000.000 Sel/L menjadi 192.000.000 Sel/L. Penurunan parameter kualitas limbah cair yang tertinggi terdapat pada P2 dimana BOD dari 354 mg/L turun menjadi 83 mg/L, COD dari 467 mg/L turun menjadi 90, pH dari 10.54 turun menjadi 8.32 dan suhu dari 67⁰C turun menjadi 27⁰C dan yang paling rendah pada P3, yaitu dari 7.000.000 Sel/L menjadi 10.000.000 Sel/L.

Pertumbuhan paling tinggi pada P2 disebabkan limbah *alkali sewer* tidak mengandung residual klorin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan terendah pada P3 disebabkan *acid sewer* mengandung residual klorin yang sangat tinggi sehingga

Tabel 1. Hasil Pengamatan Selama Penelitian Pendahuluan

Parameter	Nilai parameter pada titik pengambilan sampel					
	P1		P2		P3	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Bakteri (Sel/L)	25x10 ⁶	55x10 ⁶	10x10 ⁶	192x10 ⁶	7x10 ⁶	10x10 ⁶
pH	8.42	7.21	10.54	8.32	2.5	8.01
Suhu (°C)	36	28	67	27	72	27
DO (mg/L)	3.89	7.89	3.54	7.91	2.2	7.65
BOD (mg/L)	390	98	354	83	335	115
COD (mg/L)	453	103	467	90	350	120

Keterangan: P(1): *deep tank aeration system* +40g KS+ 40ml Urea; P(2) *alkali sewer* +40g KS+ 40ml Urea; P(3) *Acid sewer* +40g KS+ 40ml Urea.

Berdasarkan tabel 1, dapat diketahui bahwa peningkatan pertumbuhan bakteri terhambat.

Berdasarkan hasil tersebut, maka bakteri yang akan digunakan untuk menurunkan BOD dan COD dalam limbah yang berasal dari *deep tank aeration system* adalah bakteri yang berasal dari limbah *alkali sewer*.

2. Penelitian Utama

Penelitian utama ini, terdiri dari 2 tahapan yaitu:

a. Penggunaan bakteri untuk menurunkan BOD dan COD limbah cair yang berasal dari *deep tank aeration system*. Penelitian tahap ini dilakukan tanpa menggunakan rancangan dengan faktor variasi konsentrasi bakteri yang ditambahkan. Adapun konsentrasi bakteri yang ditambahkan yaitu: 0L (P0), 0.25L (P1), 0.5L (P2) dan 0.75L (P3). Volume limbah yang digunakan adalah 3 liter. Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 12 satuan percobaan. Wadah yang digunakan terbuat dari plastik dengan diameter 20 cm. Respon parameter yang diukur adalah BOD (mg/L) dan COD (mg/L).

b. Limbah cair yang sudah diukur BOD dan CODnya dijadikan sebagai media hidup ikan. Pada masing-masing wadah dimasukkan 5 ekor

ikan mas dan 5 ekor ikan nila. Waktu pengujian dilakukan selama 2 hari tanpa pemberian pakan dan penggantian ikan baru. Pengamatan kelulushidupan ikan uji secara umum seharusnya dilakukan selama 4 hari, namun karena keterbatasan waktu yang dimiliki peneliti untuk melaksanakan penelitian sehingga pengamatan kelulushidupan ikan uji dilakukan hanya 2 hari. Sehingga hasil kelulushidupan ikan uji yang diperoleh tidak bisa dijadikan pedoman untuk menyimpulkan bahwa limbah yang diolah sudah bagus atau tidak. Ikan yang mati dan hidup diamati setiap hari pada masing-masing wadah. Ikan yang mati dikeluarkan agar tidak mengganggu kondisi mutu air limbah yang dicobakan. Respon ikan uji yang diamati adalah tingkat kelulushidupan ikan uji (*survival rate*). Tingkat kelangsungan hidup ikan uji diamati menggunakan persamaan Effendie (1979), yaitu:

$$\text{Survival Rate (SR)} = \text{No/Nt} \times 100\%$$

Keterangan:

SR = Tingkat kelulushidupan ikan uji (%)

Nt = Jumlah ikan yang hidup diakhir penelitian

No = Jumlah ikan yang hidup diawal penelitian

Prosedur Analisis Kualitas Limbah COD (mg/L)

Prosedur untuk mengukur konsentrasi COD (mg/L) dengan metode spektrofotomerik dimulai dengan menyaring air sampel menggunakan kertas GFC. Sampel yang sudah disaring dimasukkan sebanyak 2 ml kedalam COD vial lalu dimasukkan kedalam COD reaktor dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 2 jam. Setelah 2 jam sampel diangkat dan didinginkan, selanjutnya diukur konsentrasi COD menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620nm (*Handbook effluent Treatment Plant* PT. Toba Pulp Lestari, Tbk).

BOD (mg/L)

Perhitungan BOD_5 dilakukan menggunakan rumus Alaerts dan Santika (1984) yaitu:

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

Keterangan:

DO_0 = Kandungan oksigen terlarut pada hari pertama

DO_5 = Kandungan oksigen terlarut pada hari kelima

Pengukuran konsentrasi BOD (mg/L) dapat juga dilakukan dengan BOD Track Instrumen. Dengan prosedur, sebanyak 160 ml sampel setiap perlakuan dimasukkan kedalam botol BOD lalu

ditambahkan 1 sachet Nutrient BOD lalu botol ditutup. Selanjutnya diberi reagen LiOH lalu botol sampel diletakkan diatas BOD track Instrumen dengan posisi yang benar (sampai *stirrer* berputar) lalu diset BOD Tracknya agar dalam keadaan On. Diinkubasi selama 5 hari kemudian setelah 5 hari diamati kembali dan dicatat angka yang terbaca dalam BOD track Instrumen (*Handbook Effluent Treatment Plant* PT. Toba Pulp Lestari, Tbk).

Analisis Data

Data kualitas limbah cair pulp yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan meliputi BOD (mg/L), COD (mg/L) dan kelimpahan bakteri dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui pengaruh antara bakteri terhadap penurunan BOD dan COD maka hasil yang diperoleh dibandingkan dengan PerMenLH No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair untuk industri pulp dan paper.

Asumsi

Asumsi dalam penelitian ini yaitu:

1. Faktor lingkungan yang tidak diukur dianggap tidak

- memberikan pengaruh terhadap penelitian
2. Kemampuan aerator menyuplai oksigen dalam setiap unit percobaan dianggap sama.
 3. Sampel limbah yang diambil dianggap mewakili keseluruhan sampel perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN **Penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (mg/L)**

Tujuan penelitian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri terhadap penurunan BOD yang berasal dari *deep tank aeration system*.

Hasil analisis BOD limbah cair yang berasal dari titik pengambilan sampel menunjukkan nilai polutan organik BOD berkisar antara 330-399 mg/L. Nilai tersebut sudah melebihi baku mutu KepMenLH No. 5 tahun 2014 untuk BOD sebesar

100 mg/L. Namun selama penelitian BOD mengalami penurunan. Hasil pengukuran BOD selama penelitian disajikan dalam Tabel 2.

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa bakteri yang berasal dari limbah *alkali sewer* mampu menurunkan BOD limbah cair dari berkisar antara 330-405 mg/L menjadi berkisar antara 83-258 mg/L. Penurunan nilai BOD ini disebabkan adanya penambahan bakteri yang dimasukkan kedalam limbah.

Penurunan BOD yang terdapat pada P1 (0.25L), P2 (0.5L) dan P3 (0.75L) sudah memenuhi baku mutu berdasarkan PerMen LH No. 5 tahun 2014. Namun penurunan BOD yang paling tinggi terdapat pada P3, hal ini karena bakteri yang ditambahkan pada P3 lebih tinggi dibandingkan

Tabel 2. Hasil Pengukuran BOD (mg/L) Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan	Nilai BOD selama Pengamatan (Hari)								Rata-rata
		0	1	2	3	4	5	6	7	
P0	1	396	387	375	350	330	310	293	260	337,6
	2	390	385	371	348	331	311	294	258	336,0
	3	385	381	372	351	328	308	290	255	333,8
P1	1	335	320	301	289	240	210	138	95	241,0
	2	331	325	306	288	231	208	135	96	240,0
	3	325	319	293	279	239	211	137	97	237,5
P2	1	360	354	320	296	250	224	140	93	254,6
	2	369	352	323	297	249	221	137	91	254,9
	3	365	356	319	293	255	223	141	93	255,6
P3	1	390	389	350	302	295	233	142	80	272,6
	2	402	385	345	304	298	235	140	85	274,3
	3	405	388	352	298	280	230	139	83	271,9

P0, P1 dan P2 sehingga penguraian bahan organik lebih optimal. Firly (2005) dalam Silalahi (2012) menyatakan bahwa penguraian polutan organik dalam limbah oleh bakteri akan bertambah secara linier dengan bertambahnya populasi bakteri dalam limbah. Hal ini karena semakin tinggi populasi bakteri, maka bahan organik yang teruraikan juga semakin tinggi.

Penurunan COD (mg/L)

Hasil analisis COD limbah cair yang berasal titik pengambilan sampel menunjukkan nilai polutan organik COD berkisar antara 425-461 mg/L. Nilai tersebut sudah melebihi baku mutu PerMen LH No. 5 tahun 2014 untuk COD sebesar 100 mg/L. Namun selama penelitian COD mengalami penurunan. Hasil pengukuran COD selama penelitian disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Berdasarkan tabel 3, dapat disimpulkan bahwa penambahan bakteri yang berasal dari limbah *alkali sewer* mampu menurunkan COD limbah dari berkisar antara 432-461 mg/L menjadi berkisar antara 86-255 mg/L. Penurunan COD ini disebabkan oleh adanya peningkatan penguraian bahan organik dalam limbah. Peningkatan penguraian ini disebabkan adanya bakteri yang ditambahkan kedalam limbah.

Penurunan konsentrasi COD pada P1, P2 dan P3 sudah memenuhi baku mutu, namun penurunan konsentrasi COD yang paling tinggi terdapat pada P3 yaitu dari 461 mg/L menjadi 86 mg/L. Hal ini terjadi karena bakteri aerob yang dimasukkan pada P3 lebih tinggi dibandingkan P0, P1 dan P2 sehingga bakteri yang tumbuh lebih

Tabel 3. Hasil Pengukuran COD (mg/L) Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan	Nilai COD Selama Pengamatan (Hari)								Rata-rata
		0	1	2	3	4	5	6	7	
P0	1	461	425	403	387	356	315	286	225	357,3
	2	453	426	406	385	357	314	296	231	358,5
	3	451	425	401	389	354	310	291	230	356,4
P1	1	435	428	419	395	303	240	180	98	312,3
	2	425	419	396	380	316	246	187	98	308,4
	3	435	425	407	386	307	230	150	97	304,6
P2	1	436	427	337	300	230	207	125	95	269,6
	2	439	427	393	302	240	216	156	98	283,9
	3	432	428	365	310	259	216	146	95	281,4
P3	1	451	396	302	285	238	208	118	87	260,6
	2	443	390	302	265	208	160	106	85	244,9
	3	461	395	300	275	201	175	126	86	252,4

banyak dan penguraian bahan organik dibandingkan dengan P0, P1 dan P2. Said (2005) dalam Fernandes (2014) menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri pada limbah dapat dilihat dari peningkatan efektivitas penghilangan zat organik dalam limbah.

Pengujian Kelulushidupan Ikan

Pengujian kelulushidupan ikan menunjukkan kelulushidupan ikan mencapai 100%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa perlakuan terbaik adalah P3 dengan BOD dan COD sebesar 83 mg/L dan 86 mg/L, serta kelulushidupan ikan uji 100% (100% mas dan 100% nila). Hasil tersebut sudah sesuai dengan PerMenLH No. 5 Tahun 2014.

Saran

Saran yang dapat disampaikan adalah agar dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh klorin terhadap pertumbuhan bakteri aerob di IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, H. 2006. Dampak Penggunaan Klorin. Jurnal P3TL. Vol. 7 No. 1. Halaman 90-96. Badan Pengkajian dan

Penerapan Teknologi.
Bandung.

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds For Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 428p.

Effendie, M. 1979. Metode Biologi Perikanan. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Firly. 2005. Uji Performance Biofilter Unggun tetap Menggunakan Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. JAI Vol.1, No 3, 2005.

Handbook Effluent Treatment Plant PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. 2014. Tidak diterbitkan.

Metcalf dan Eddy, Inc, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.

Simamora, S., dan Salundik. 2006. Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak. Agromedia Pustaka. Bogor.

Sudjana, M. 1992. Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi II. Bandung. 412 Halaman.

Suriawiria. U. 1993. Mikrobiologi air dan dasar dasar pengolahan buangan secara biologis. Edisi Kedua. Penerbit Alumni. Bandung. 330p.