

**PENGARUH VOLUME LUMPUR AKTIF DAN WAKTU KONTAK
TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT**

*THE EFFECT OF THE ACTIVATED SLUDGE VOLUME AND INTERACTION FOR
THE BOD DESCENT HOSPITAL WASTE WATER TREATMENT*

Oleh: Idayu Kurniawati Estiningsih¹, Mifbakhuddin²

ABSTRACT

Background :

BOD is the quality of oxygen in the solution bacterial/micro organism, needs to do decomposition aerobic from the organic materials in the standart time condition and specific clinical term. Process system of the waste water treatment is the most effective do BOD descent is process biologic system which using the activated sludge. Production of waste water with the SBR System (Sequence Batch Reactor) very effective to waste water production, because just using a wash tab for the all process. The fist material is the activated sludge in the process and time interaction have effect to the processing product of the hospital waste water.

Objective :

To explain the effect of the activated sludge and time interaction BOD descent hospital waste water.

Research Methode :

This research is explanatory research kinds the research is the true experiment and the pre test – post test plan with control design . Subject research is hospital waste water from waste water treatment department. Sample random sampling with the total sample 500 ml for the one experiment and for five replication need 75 experiment. This free variable research is the activated sludge volume and time interaction and variable attached is BOD descent hospital waste water. The Analyse with descriptive and analyse which use anova test and we trust 95%.

Result :

BOD descent highest for activated sludge volume 250 ml/ l for the time interaction minute 15 minute is 99,5 % . With the anova test one factor we know that a factor level differences variation every experiment group is sludge volume and time interaction is very different with the score $p = 0,000$. And then with anova test interaction with the two factor we know have relationship with signifikan between level activated sludge concentration and long interaction time in BOD descent hospital waste water score $p = 0,000$. Statistic style test which use it explain the level BOD descent hospital waste water 96,67 %

Conclusion :

Activated sludge volume and long time interaction have effect to the BOD descent hospital waste water, for pH condition 7,96.. Activated sludge volume 250 ml/l and time interaction 15 minute effective to BOD descent hospital waste water until 99,5%.. To be differences signifikan between many level concentration activated sludge and long time interaction.

Key Word :

Activated sludge volume, time interaction, BOD commend descent hospital waste water.

1 Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang

2 Staf Pengajar Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan suatu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Rumah sakit merupakan tempat upaya kesehatan rujukan yang di dalam ilmu kesehatan masyarakat termasuk upaya pencegahan intensif, sampai dengan rehabilitatif yang bertujuan untuk memulihkan kesehatan orang sakit sampai ke tingkat optimal. Karena kegiatan pokoknya maka rumah sakit dapat menjadi media berlangsungnya pemaparan pada pasien, pengunjung maupun pegawai rumah sakit oleh agent penyakit yang terdapat dilingkungan rumah sakit. Kegiatan rumah sakit juga menghasilkan limbah yang dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan.

Limbah cair sebagai salah satu hasil dari kegiatan rumah sakit mempunyai dampak yang besar terhadap manusia dan lingkungannya. Hal ini karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi dan kemungkinan senyawa-senyawa lain serta mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Pengolahan secara khusus diperlukan pada limbah cair rumah sakit sebelum dibuang ke lingkungan.

Penanganan masalah limbah dapat dilakukan dengan cara membandingkan kadar zat terkandung dalam limbah dengan syarat kualitas air buangan yang diperkenankan, salah satunya dengan melihat angka BOD yang dapat diartikan sebagai banyaknya oksigen dalam larutan yang dibutuhkan oleh bakteri/mikroorganisme untuk

meleakukan dekomposisi aerobik dari bahan-bahan organik yang ada dibawah kondisi standart waktu dan suhu tertentu (biasanya 5 hari pada 20 derajat Celcius). Batasan BOD yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-58/MENLH/12/1995 tentang Buku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit adalah sebesar 30 mg/l.

Salah satu cara didalam pengolahan limbah cair rumah sakit untuk menurunkan kadar BOD adalah dengan pengolahan secara biologis yaitu dengan menggunakan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Sistem ini sangat efektif dan efisien didalam mengolah limbah cair rumah sakit yang memiliki karakteristik hampir sama dengan limbah rumah tangga atau domestik, hanya perlu penanganan khusus dalam sterilisasi limbah cair terolah.

Pengolahan limbah cair secara biologis dengan menggunakan sistim SBR (Sequencing Batch Reactor) hampir semua proses pengolahannya dilakukan dalam satu tangki, sehingga selama proses pengolahan berlangsung lumpur aktif akan selalu kontak dengan limbah cair yang diolah. Waktu kontak yang sangat berpengaruh adalah pada saat pengadukan (mixing) karena pada proses tersebut terjadi dekomposisi limbah cair secara anaerobik.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh volume dan waktu kontak lumpur aktif terhadap penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit. Diharapkan hasil penelitian ini dapat diunakan sebagai acuan dalam pengembangan instalasi pengolahan limbah cair rumah sakit sehingga kualitas limbah cair terolah akan meningkat.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksperimen Murni (*True Experiment*) dengan rancangan penelitiannya adalah *Pretest-Posttest With Control Group*. Randomisasi sampel dilaksanakan kemudian dilakukan pretest pada kedua kelompok

sampel dan diikuti intervensi / perlakuan pada kelompok eksperimen. Setelah intervensi selesai dilakukan posttest pada kedua kelompok tersebut. Bentuk rancangan ini dapat digambarkan sebagai berikut :

	Pretest	Perlakuan	Posttest
R (Kelompok Eksperimen)	O1	X	O2
R (Kelompok Kontrol)	O1		O2

Keterangan :

- R : Randomisasi
- X : Perlakuan atau eksperimen.
- O-1 : Hasil pengukuran pertama (*pretest*) sebelum perlakuan.
- O-2 : Hasil pengukuran kedua (*Postest*) sesudah perlakuan

Persiapan sebelum eksperimen setelah randomisasi dilakukan pengambilan sampel untuk pengukuran kadar BOD awal (*pretest*) lalu diberikan perlakuan yaitu pengolahan limbah cair rumah sakit sesuai dengan 5 variasi volume lumpur aktif yang berbeda (150ml/l, 200ml/l, 250ml/l, 300ml/l, 350 ml/l) dan dalam 3 variasi waktu kontak yang berbeda pula (15 menit, 20 menit, 25 menit). Setelah perlakuan diambil sampel untuk pengukuran kadar BOD kembali sebagai *posttest*. Kelompok yang tidak mendapatkan perlakuan atau kontrol juga dilakukan pengukuran *posttest*.

Untuk mengantisipasi kesalahan menjadi sekecil mungkin pada eksperimen, maka dilakukan pengulangan (*replikasi*) dalam eksperimen yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$(t-1)(R-1) \geq 15$$

Keterangan :

t : jumlah perlakuan R : jumlah ulangan

Dari rumus diatas dengan jumlah perlakuan sebanyak 5 macam perlakuan pada variabel volume lumpur aktif dan 3 macam perlakuan pada waktu kontak maka dapat diketahui replikasi pengulangannya yaitu 5 kali, sehingga total percobaan yang harus dilaksanakan adalah 75 kali percobaan. Replikasi eksperimen penelitian ini selengkapny dapat dilihat pada lampiran tabel 1.

Obyek penelitian ini adalah limbah cair yang ada pada bak pengumpul akhir diinstalasi pengolahan limbah cair rumah sakit. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *Simple Random Sampling*, yaitu pengambilan sampel secara acak sederhana. Banyaknya sampel yang digunakan untuk penelitian sebesar 100 ml pada saluran inflow di 5 titik sampling dan effluent sebanyak 1 liter pada 5 titik sampling untuk sekali penelitian. Pengambilan sampel limbah cair dieffluent dilakukan dipintu pembuangan (*penstock*) bak SBR pada saat proses

pengolah limbah sampai pada tahap pembuangan (*dekanting*) limbah cair terolah.

Data yang digunakan terdiri dari beberapa macam yaitu data primer yang merupakan data hasil pengukuran dan pencatatan serta pemeriksaan laboratorium pada beberapa parameter, antara lain: BOD, pH, Volume limbah cair, volume lumpur aktif dan waktu kontak. Selain itu juga menggunakan data sekunder yang ada di Sub Bidang Infeksi Nosokomial dan Sanitasi RSUD Kabupaten Wonogiri sebagai data pendukung.

Variabel penelitian yang ditentukan adalah variabel bebas yaitu volume lumpur aktif dan lama waktu kontak dengan skala daftar nominal, variabel terikat penurunan kadar BOD dengan skala rasio dan variabel terkendali yaitu pH dan volume limbah cair.

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) RSUD Kabupaten Wonogiri selama 37 hari mulai tanggal 1 April 2005 sampai 7 Mei 2005. Beberapa instrumen penelitian diperlukan dalam melaksanakan eksperimen guna mendapatkan data yang terdiri dari : 1. Peralatan pengambil limbah cair, 2. Corong Imhoff untuk mengukur volume lumpur aktif, 3. Grafity Table untuk pengurangan lumpur aktif (*Dewatering*) pada bak pengolah limbah (SBR), 4. Peralatan pemeriksaan BOD yaitu : Thermostat Cabinet, BOD sensor, Unit pengaduk magnetik, Reagent ATH dan Kalium Hidroksida, Gelas ukur, 5. Peralatan pengukur pH yaitu pH meter.

Setelah data dikumpulkan dan diolah selanjutnya dianalisis secara : 1) Deskriptif, data hasil pengukuran akan disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel, prosentase dan grafik yaitu data hasil pengukuran BOD, pH dan volume limbah cair, 2) Analitik, data akan dianalisa dengan menggunakan bantuan komputer melalui program SPSS

(Statistical Product and Service Solutions) dengan uji statistik Analisis Varians (*Univariate of Anova*) yang meliputi: Uji Analisis Varian (Anova) 1 faktor digunakan untuk mengukur perbedaan rata-rata jumlah penurunan BOD pada berbagai volume lumpur aktif dan lama waktu kontak, dengan taraf kepercayaan 95%. Selanjutnya dilakukan uji Anova interaksi 2 faktor untuk melihat apakah ada interaksi antara volume lumpur aktif dengan lama waktu kontak, dengan taraf kepercayaan 65%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan limbah cair rumah sakit yang diamati dan diukur dalam penelitian ini adalah volume limbah cair, pH dan kadar BOD. Volume limbah cair rata-rata selama penelitian berlangsung adalah $41,3\text{m}^3$ perhari, hal ini menunjukkan bahwa produksi limbah cair rumah sakit cukup besar karena sesuai dengan data yang ada di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rata-rata produksi limbah cair perhari sebesar 45m^3 . Berdasarkan karakteristiknya limbah cair rumah sakit sebagian besar merupakan limbah cair domestik sehingga kadar BOD yang terkandung sangat besar. Hasil pengukuran kadar BOD pada saluran influent pengolah limbah rata-rata sebesar $245,3\text{mg/l}$, hal ini menunjukkan tingginya bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah cair rumah sakit. Derajat keasaman (pH) limbah cair pada saluran influent rata-rata sebesar 7,8 dan saluran effluent sebesar 7,38. Angka tersebut masih termasuk dalam kategori pH netral dan sesuai dengan persyaratan parameter limbah cair rumah sakit yang ada yaitu pH limbah cair sebesar 6-9. Hasil masing-masing parameter penelitian tersebut selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

1. Penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit

Setelah dilaksanakan percobaan pada 2 kelompok sampel yaitu kelompok eksperimen yang akan mendapatkan

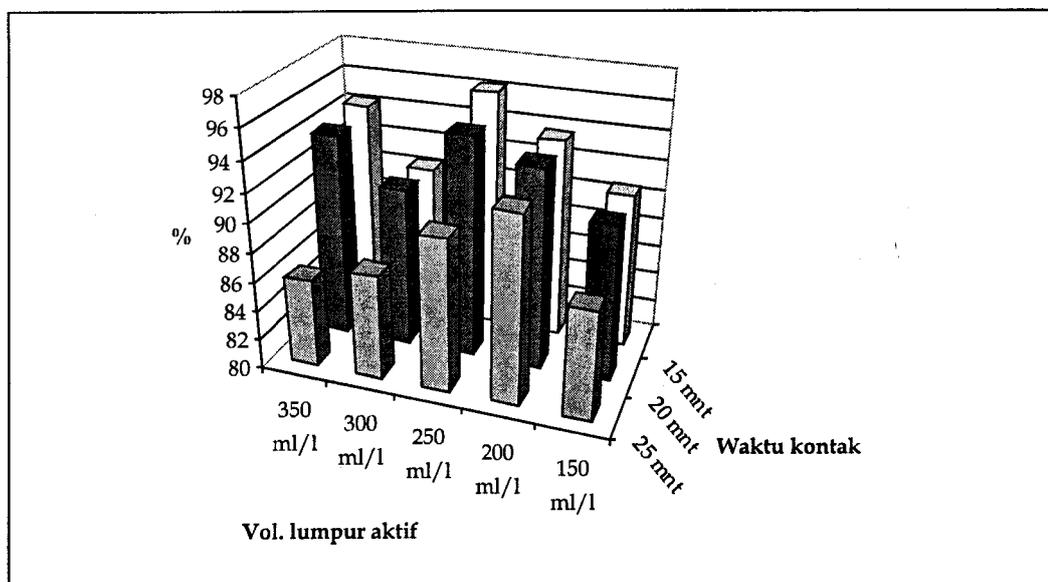
perlakuan dengan beberapa variasi volume lumpur aktif serta waktu kontak dan kelompok kontrol yang tidak melakukan perlakuan, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Rata -rata penurunan kadar BOD limbah cair menurut banyaknya volume lumpur aktif dan lama waktu kontak

Vol. lumpur aktif	Kadar BOD (mg/l)					
	Wkt kntk 25 menit		Wkt kntk 20 menit		Wkt kntk 15 menit	
	Wkt kntk	% Pe nurunan	Wkt kntk	% Pe nurunan	Wkt kntk	% Pe nurunan
350 ml/l	215	86,00	244	93,85	235,8	94,32
300 ml/l	209	87,08	227	90,80	208	90,43
250 ml/l	235	90,38	247	95,00	250,2	96,23
200 ml/l	213	92,61	243,4	93,62	206	93,64
150 ml/l	227,2	87,38	199,2	90,55	208,4	90,61

Hasil pada tabel 1 menunjukkan penurunan BOD tertinggi pada volume lumpur aktif 250 ml/l dengan waktu kontak 15 menit sebesar 96,23%, pada komposisi tersebut lumpur aktif mampu menguraikan bahan-bahan organik dalam limbah cair secara sempurna. Penurunan BOD terendah pada kondisi volume 350 ml/l dengan waktu kontak 25 menit sebesar 86%, komposisi tersebut menunjukkan bahwa lumpur aktif tidak mampu menguraikan semua bahan organik yang ada dalam limbah cair. Sehingga dari hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa volume lumpur aktif yang banyak dan waktu kontak yang lama dapat menurunkan kadar BOD secara sempurna. Prosentase penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit juga dapat digambarkan seperti grafik berikut:

Grafik 1. Prosentase penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit menurut volume dan lama waktu kontak.



2. Volume lumpur aktif dan lama waktu kontak yang paling efektif.

Pada tabel 1 dapat dilihat volume lumpur yang paling efektif adalah 250 ml/l dengan waktu kontak 15 menit. Volume yang kurang efektif 350 ml/l dengan waktu kontak 25 menit. Hasil tersebut sesuai dengan batasan standar pengolahan limbah cair sistem SBR yaitu volume lumpur aktif 150ml/l - 300ml/l dan lama waktu kontak 15 menit - 30 menit.

Selama melaksanakan percobaan hanya volume lumpur aktif dan lama waktu kontak pada tahap pengadukan yang diubah-ubah sesuai dengan variasi yang telah ditentukan, sedangkan tahapan proses lainnya setting tetap sesuai dengan standart peralatan pengolah limbah sistem SBR yaitu aerasi selama 70 menit, tahap pengendapan (sedimentasi) 60 menit, waktu pembuangan (*decanting*) 30 menit, ketinggian pengisian bak SBR 220 cm dan waktu tunggu (*waiting time*) untuk kembali proses selanjutnya 5 menit.

3. Perbedaan penurunan kadar BOD limbah cair.

Langkah selanjutnya hasil percobaan akan dianalisa secara statistik dengan menggunakan Analisa Varians untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara kadar BOD limbah cair diantara kelompok volume lumpur dan kelompok waktu kontak, hasil pengujian seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. Analisa varians satu faktor perbedaan kadar BOD diantara kelompok volume lumpur aktif dan waktu kontak

Sumber variasi	Type III Jml. kuadrat	Dk	Kuadrat rata-rata	F	P
vol. lumpur	10740.770	4	2685.192	913.331	,000
Waktu kntk	2139.656	2	1069.828	363.887	,000

Diketahui hasil F hitung pada kelima variasi volume lumpur adalah 913, 331 dengan nilai probabilitas 0,000 yang berarti bahwa rata-rata penurunan BOD pada kelima konsentrasi volume lumpur aktif berbeda secara nyata. Pada kelompok waktu kontak hasil F hitung adalah 363,887 dengan probabilitas 0,000 berarti bahwa ketiga kelompok waktu kontak tersebut juga memiliki perbedaan secara nyata dalam penurunan kadar BOD limbah cair.

Kesimpulan yang dapat diambil adalah penurunan kadar BOD limbah cair diantara tingkat konsentrasi lumpur aktif dan lamanya waktu kontak benar-benar berbeda secara nyata.

4. Interksi antara konsentrasi volume lumpur aktif dengan lama waktu kontak.

Uji yang digunakan untuk melihat interaksi atau hubungan antara konsentrasi volume lumpur aktif dengan lama waktu kontak adalah Analisa Varians Interaksi 2 faktor, hasilnya seperti tabel berikut ini :

Tabel 3. Analisa varians interaksi dua faktor konsentrasi lumpur aktif dan lama waktu kontak

Sumber variasi	Type III Jumlah kuadrat	Dk	Kuadrat rata-rata	F	P
Model koreksi	20638.187 ^a	14	1474.156	501.414	,000
vol. lumpur * waktu kontak	7714.849	8	946.356	328.012	,000
Total koreksi	20814.587	74			

Terlihat hasil F hitung adalah 328,012 dengan nilai probabilitas nilai 0,000 yang berarti ada interaksi antara tingkat konsentrasi lumpur aktif dengan lama waktu kontak didalam penurunan kadar BOD limbah cair.

Berdasarkan hasil analisa daftar tersebut juga dapat diketahui memadai atau tidak model uji statistik yang telah digunakan. Diketahui model angka koreksi sebesar 20638,187 serta angka total koreksi sebesar 20814,587 dan dengan membandingkan keduanya didapat hasil 99,15%, yang berarti bahwa model uji statistik yang telah digunakan sudah memadai untuk menjelaskan rata-rata penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit karena hanya 0,85% yang tidak dapat dijelaskan.

Setelah melihat hasil analisa statistik yang telah dilaksanakan terbukti bahwa penurunan BOD limbah cair rumah sakit sangat dipengaruhi oleh konsentrasi lumpur aktif dan lamanya waktu kontak. Hal ini disebabkan dengan konsentrasi lumpur aktif tepat maka jumlah mikrobakteri yang terkandung dalam lumpur aktif menjadi lebih pendek karena kurangnya bahan organik yang harus diuraikan, sebaliknya apabila jumlahnya kurang berdampak pada hasil akhir proses pengolahan limbah cair baik secara fisik maupun kimia.

Pengaturan lama waktu kontak yang tepat juga akan memberikan kesempatan mikrobakteri dalam proses dekomposisi limbah cair secara sempurna. Sama halnya dengan volume lumpur aktif apabila terlalu cepat akan mengakibatkan proses dekomposisi limbah cair kurang sempurna masih ada sisa bahan organik limbah cair yang belum teruraikan, sedangkan apabila terlalu lama akan menyebabkan berkurangnya mikrobakteri dalam lumpur aktif sehingga umur lumpur menjadi pendek.

Proses lumpur aktif pertama kali dikembangkan di Inggris pada tahun 1914 oleh *Ardern dan Lockett*, yang

memberikan hasil penurunan BOD sebesar 85-90% dan penelitian lain yang serupa juga dilakukan oleh KRT Tjokrokusumo dengan hasil penurunan BOD 85-95%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pada kondisi pH rata-rata 7,8 dan kadar BOD influent rata-rata 245,3 mg/l volume lumpur aktif dan lama waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit.
2. Volume lumpur aktif pada konsentrasi 250ml/l dan lama waktu kontak 15 menit efektif dalam menurunkan kadar BOD limbah cair hingga 96,23%.
3. Terdapat perbedaan yang signifikan antara beberapa konsentrasi volume lumpur aktif dan lama kontak dalam penurunan kadar BOD limbah cair rumah sakit berdasarkan analisa varians pada taraf kepercayaan 95%.
4. Terdapat interaksi yang bermakna antara tingkat konsentrasi lumpur aktif dan lama waktu kontak.

Saran

1. Penggunaan lumpur aktif pada pengolahan limbah cair sebaiknya menggunakan volume air 250ml/l dengan lama waktu kontak 15 menit. Keadaan ini akan memberikan keuntungan yaitu kualitas limbah yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu air limbah baik secara fisik maupun kimia.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap parameter kimia limbah cair rumah sakit lainnya seperti COD, bahan tersuspensi atau *suspended solid (SS)*, Amonia-Nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) dan Posphorous ($\text{PO}_4\text{-P}$) sebagai dampak dari perubahan beberapa konsentrasi volume limbah cair dan lama waktu kontak.
3. Perlu diuji pada limbah cair lain selain limbah cair rumah sakit seperti limbah industri untuk mengetahui pengaruh volume lumpur aktif dan waktu kontak terhadap penurunan kadar BOD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Staf Sub Bidang Infeksi Nosokomial dan Sanitasi RSUD Kabupaten Wonogiri yang telah membantu dalam melaksanakan percobaan di instalasi pengolahan air limbah, Kepala RSUD Kabupaten Wonogiri yang telah memberikan ijin dan fasilitas kepada penulis untuk melaksanakan penelitian serta Dosen Pembimbing Fakultas Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang yang telah membimbing dalam penyusunan artikel ini, Suami dan anak-anakku tercinta serta keluarga yang memberikan dorongan dan do'a dan semua rekan-rekan mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bapedal Jawa Tengah, 2001, *Undang-undang RI Nomor 23 Tahun 1997 tentang Lingkungan Hidup*, Semarang, Bapedal Jawa Tengah
2. BAPEDAL, 1999, *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-58/MENLH/12/1995 tentang Buku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit*, Jakarta, BAPEDAL
3. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1991, *Pedoman Bidang Studi Pembangunan Tinja dan Air limbah pada Institusi pendidikan Sanitasi/Kesehatan Lingkungan*, Jakarta, pusdiknakes.
4. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2002, *Pedoman Sanitasi Rumah Sakit di Indonesia*, Jakarta, Pusdiknakes.
5. Ministry of Health of R.I. DIT Health Facilities & Consortium Hydrotechnik/BWT and AME, 1999, *IPAL: Pengoperasian, Pemeliharaan dan Analisa Laboratorium*, Jakarta, Dep.Kes. R.I.
6. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2001, *Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta, Pusdiknakes
7. KA. Hanifah, yang dikutip oleh Sri Arni Wijayanti, 1990, *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*, Jakarta, Rajawali Press.
8. KRT. Tjokrokusumo, 1995, *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*, Cetakan Kedua, Yogyakarta, STTL Yayasan Lingkungan Hidup.
9. M. Hanafiah, yang dikutip oleh Suprio Heryanto, 1985, *Air Limbah Industri dan Penanganannya*, Jakarta, Akademi penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Jakarta.
10. Ministry of Health of R.I. DIT Health Facilities & Consortium Hydrotechnik/BWT and AME, 1999, *Central Training Manual*, Jakarta Dep.Kes R.I.
11. RB. Kasmidjo, 1991, *Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan, dan Industri Pangan*, Yogyakarta, Universitas Gajah Mada Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi.
12. Soekidjo Notoadmodjo, 2002, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Edisi Revisi, Jakarta, Rineka Cipta.
13. U.N. Mahida, 1982, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Cetakan Kedua, Jakarta, CV. Rajawali.
14. Singgih Santosa, 2004, *SPSS Versi 10 Mengolah Data Statistik Secara Profesional*, Cetakan Kelima, Jakarta, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia.

