

VARIASI WAKTU AERASI DALAM INSTALASI PENGOLAHAN  
LIMBAH CAIR INDUSTRI KECAP DAN SAOS

AERATION TIME VARIATION IN THE TREATMENT OF  
WASTEWATER INDUSTRIAL SOY AND SAUCE

Daniel Dae Nuba H <sup>(1)</sup>, A. Wibowo Nugroho Jati <sup>(2)</sup>, Felicia Zahida <sup>(3)</sup>.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang berjudul Variasi Waktu Aerasi Dalam Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Kecap dan Saos. Tujuan penelitian untuk mengetahui kualitas air limbah terhadap kadar COD, BOD, TSS dan mengetahui kualitas air limbah yang aman terhadap lingkungan maupun mahluk hidup. Hasil uji terhadap parameter-parameter yang dituangkan dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 05 tahun 2012 yang berisi Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap dengan parameter yaitu : BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dengan kadar maksimum 100 mg/l, COD (*Chemical Oxygen Demand*) dengan kadar maksimum 175 mg/l, TSS (*Total Suspended Solid*) dengan kadar maksimum 100 mg/l, pH (Derajat Keasaman) dengan maksimum 6,0 – 9,0, Suhu 25<sup>0</sup> – 35<sup>0</sup> C dan V-NOTCH (Debit Air) dengan maksimum 10 m<sup>3</sup>/ton untuk menghasilkan produk. Hasil rerata pada perlakuan ketiga jam dengan parameter COD sebesar 86,45, BOD sebesar 158,47, TSS sebesar 95,7. Kematian ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) didapatkan hasil pada perlakuan 1 jam kematian ikan sebanyak 17 ekor, perlakuan 2 jam sebanyak 11 ekor dan perlakuan 3 jam sebanyak 4 ekor.

Kata Kunci : Waktu Aerasi, Limbah Cair, Industri Kecap dan Saos

Abstract

A study entitled Variation Aeration Time in Ketchup and Sauce Liquid Waste Treatment Plant had been conducted. The aim of this research was to find out the quality of wastewater to the COD, BOD, TSS, and to know the quality of the wastewater for the environment and the organism. The test result to the parameters set out in Middle Java Provincial Regulation Number 05, 2012 containing Wastewater Quality Standard in Ketchup Industry with parameters: BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) with maximum level 100 mg/l, COD (*Chemical Oxygen Demand*) with maximum level 175mg/l, TSS (*Total Suspended Solid*) with maximum level 100mg/l, pH (degree of acidity) with maximum between 6.0 to 9.0, temperature between 25°-35°C, and V-Notch (water debit) with maximum capacity 10 m<sup>3</sup>/ton from the product. The parameter result for three hours treatment for COD 86.45, BOD 158.7, and TSS 95.7. Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) is used to measure the water quality where the treatments for one hour 17 tilapia are death, the treatment for two hours 11 tilapia are death, and for three hours 4 tilapia are death.

Keywords : Time Aeration, Wastewater, Industrial Ketchup and

## I. Latar Belakang

Di Indonesia, sangat banyak perusahaan atau industri yang menghasilkan produk baik dalam skala kecil, menengah dan bahkan dalam skala besar. Disamping itu, untuk menghasilkan suatu produk juga terdapat hasil produk buangan seperti limbah. Limbah di setiap instansi tertentu dapat berupa wujud cair, padat, dan lain lain yang dapat merugikan lingkungan maupun makhluk hidup.

Dalam menghasilkan suatu produk juga menggunakan sistem IPAL yang berbeda antara satu instansi yang satu dengan instansi yang lain. Walaupun menggunakan sistem IPAL yang berbeda antara instansi yang satu dengan yang lain berbeda namun memiliki satu tujuan yaitu untuk melestarikan lingkungan, menjaga keseimbangan lingkungan dan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan terutama makhluk hidup, ini tercantum dalam UUD RI No. 32 Tahun 2009, mengenai tentang Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup.

Penggunaan sistem IPAL, banyak instansi tertentu mengeluarkan biaya yang sangat banyak dalam pengolahan limbah di setiap industri, seperti pengeluaran biaya dalam penggunaan mesin dan penggunaan listrik dalam mengolah limbah. Dalam penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan pengeluaran yang banyak dalam pemanfaatan sistem IPAL, mengenai tentang penggunaan variasi waktu dalam sistem *AERASI* yang baik untuk mengolah limbah cair, (Fardiaz, 1992)

## II. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang artinya penelitian ini dilakukan di lapangan secara langsung, yang bertempat di perusahaan x khususnya di unit IPAL. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2016.

Alat yang digunakan yaitu pengukur COD, BOD, TSS, pH, termometer batang, kamera, botol jamp atau tabung reaksi, mistar, sedangkan bahan yang digunakan yaitu, sampel air limbah, akuades dan kertas label. Adapun perlakuan yang diberikan berupa pengaturan panel timer mesin aerator yang ada dalam bak ipal aerasi, dengan perlakuan waktu satu, dua dan tiga jam, masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Pengambilan sampel limbah dilakukan perlakuan waktu aerasi di outlet ipal.

Setelah itu, dilakukan pengukuran kadar COD, BOD, TSS, pH, suhu dan debit air sebagai parameter. Setelah didapatkan hasil dengan enam parameter dibandingkan dengan S.K No.05 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap.

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Analisis Limbah Cair dengan Perlakuan Waktu 1 jam

Pengolahan limbah harus dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Provinsi Jawa Tengah, Surat Keputusan no. 05, mengenai

Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap. Hasil analisis limbah cair dengan perlakuan waktu 1 jam, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Limbah Cair Dengan Perlakuan Waktu 1 jam

| No. | Parameter                     | Hasil Analisis Air Limbah |               |               |        | *Baku Mutu Air Limbah |
|-----|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|--------|-----------------------|
|     |                               | 1 Jam                     |               |               |        |                       |
|     |                               | Pengulangan 1             | Pengulangan 2 | Pengulangan 3 | Rerata |                       |
| 1   | TSS (mg/l)                    | 120                       | 120           | 121           | 120.33 | 100                   |
| 2   | BOD (ppm)                     | 120                       | 146           | 121           | 129    | 100                   |
| 3   | COD (ppm)                     | 285                       | 291           | 289           | 288.33 | 175                   |
| 4   | pH (H+)                       | 5                         | 5             | 5             | 5      | 6-9                   |
| 5   | Suhu (°C)                     | 30                        | 32            | 35            | 32.333 | -                     |
| 6   | V-notch (m <sup>3</sup> /ton) | 1.65                      | 1.65          | 1.65          | 1.65   | -                     |

TSS merupakan parameter yang utama dalam penentuan kualitas suatu perairan terutama pada pengolahan air limbah. Hasil parameter TSS variasi waktu aerasi 1 jam didapatkan rata-rata 120,33 mg/l, hasil ini menunjukkan bahwa kondisi TSS pada perlakuan satu jam di atas dari ambang batas baku mutu yang ditetapkan yaitu maksimum sebesar 100 mg/l. Besarnya TSS ini disebabkan karena kurangnya aktifitas oleh bakteri untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Parameter BOD merupakan variabel yang utama dalam menentukan tingkat pencemaran suatu perairan. Dari hasil parameter BOD dengan perlakuan 1 jam didapatkan rata-rata 129 mg/l, hasil ini juga menunjukkan bahwa BOD yang terdapat pada perlakuan 1 jam masih di atas ambang batas yang ditetapkan yaitu baku mutu industri kecap sebesar 100 mg/l. Jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup

untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air limbah selama proses lumpur aktif atau aerasi tidak bekerja.

Selain TSS dan BOD sebagai variabel utama dalam pemantauan kadar Baku Mutu yaitu COD. Jumlah rata – rata perlakuan waktu 1 jam dengan parameter COD yaitu 288,3 mg/l, dari hasil ini juga menunjukkan bahwa masih di atas toleransi yang telah ditetapkan pada baku mutu sebesar 100 mg/l, dan perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan.

Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Fardiaz, (1992) dan Bitton G (2012), pada pengujian kadar COD sebagai variabel utama, tingginya kadar COD di suatu perairan tertentu, disebabkan oleh penguraian beberapa komponen dalam perairan atau air limbah yang tidak stabil terhadap reaksi biologi atau tidak dapat diurai ataupun dioksidasi oleh organisme hidup.

Dari uji yang dilakukan di lapangan diperoleh hasil derajat keasaman dengan nilai rata – rata pH 5, ini menandakan bahwa derajat keasaman belum di bawah dari toleransi dalam baku mutu industri kecap 6 – 9. Adanya kandungan yang terdapat dalam limbah yang ada pengolahan air limbah masih mengandung asam. Keasaman ini disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu penggunaan air sabun dalam pencucian bahan – bahan untuk pembuat kecap ataupun dalam proses pencucian botol.

Hasil temperatur atau suhu dengan rata-rata 32,3<sup>0</sup>c. Besar suhu masih di atas batas toleransi yang ditetapkan baku mutu yaitu parameter suhu maksimum adalah 25-30<sup>0</sup>c. Besarnya suhu air limbah pada perlakuan 1 jam yang dihasilkan perusahaan tersebut adanya penggunaan mesin pencucian untuk menetralkan bahan atau alat dalam produksi.

Selain pH dan suhu sebagai parameter pendukung, debit air atau V-notch salah satunya. Dalam penelitian ini didapatkan hasil perlakuan 1 jam dengan rata-rata 1,65 m<sup>3</sup> /ton produk kecap, dari hasil ini menunjukkan bahwa debit yang ditetapkan dalam Baku Mutu sudah berada di bawah ambang batas yaitu 10 (m<sup>3</sup>/ton produk kecap).

#### **B. Analisis Limbah Cair dengan Perlakuan Waktu 2 jam**

Selain dari hasil analisis pengujian pertama dengan perlakuan waktu 1 jam dan memiliki 6 parameter terdapat juga hasil perlakuan dengan waktu 2 jam, hasil analisis limbah cair dengan perlakuan waktu dua jam disajikan dalam tabel, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Limbah Cair Dengan Perlakuan Waktu 2 Jam

| No. | Parameter                     | Hasil Analisis Air Limbah |               |               |        | *Baku Mutu air limbah |
|-----|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|--------|-----------------------|
|     |                               | 2 Jam                     |               |               |        |                       |
|     |                               | Pengulangan 1             | Pengulangan 2 | Pengulangan 3 | Rerata |                       |
| 1   | TSS (mg/l)                    | 118                       | 118           | 117           | 117.67 | 100                   |
| 2   | BOD (ppm)                     | 119                       | 146           | 121           | 128.67 | 100                   |
| 3   | COD (ppm)                     | 178.5                     | 178           | 177           | 177.83 | 175                   |
| 4   | pH (H <sup>+</sup> )          | 6                         | 5             | 6             | 5.67   | 9-Jun                 |
| 5   | Suhu (°C)                     | 32                        | 31            | 30            | 31     | -                     |
| 6   | V-notch (m <sup>3</sup> /ton) | 2.60                      | 2.60          | 2.60          | 2.60   | -                     |

Hasil parameter TSS dengan perlakuan waktu 2 jam didapatkan rerata 117,67 mg/l, hasil ini menunjukkan bahwa kondisi TSS di atas dari ambang batas yang ditetapkan yaitu maksimum sebesar 100 mg/l. Dari hasil perlakuan 2 jam ini sama dengan perlakuan sebelumnya pada perlakuan 1 jam, hasil analisis ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan proses kembali untuk mencegah terjadinya pencemaran sebelum dibuang di lingkungan.

Parameter BOD, untuk menentukan kualitas limbah cair. Dari hasil analisis yang didapatkan dengan perlakuan waktu 2 jam dengan rerata 128,67 mg/l, dalam perlakuan ini menunjukkan hasil yang sama pada perlakuan pertama 1 jam, kadar BOD yang masih menunjukkan di atas baku mutu air limbah atau kadar BOD masih tinggi. Dimana jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air limbah selama proses aerasi tidak bekerja maksimal dalam proses aerasi dengan waktu aerasi 2 jam.

Hasil parameter lainnya yaitu kadar COD. Kadar COD yang didapatkan rerata 177,83 mg/l, hasil ini menunjukkan juga sama pada perlakuan 1 jam yaitu di atas toleransi yang ditetapkan yaitu baku mutu industri kecap sebesar 100 mg/l (kadar COD masih tinggi), dan perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Dimana waktu yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau merombak bahan – bahan organik yang terdapat dalam air limbah belum bekerja secara maksimal dengan waktu 2 jam.

Sedangkan parameter pendukung dalam penelitian ini yaitu parameter pH. Dari hasil uji diperoleh dengan rata – tara pH 5,67. Dari hasil ini menandakan bahwa derajat keasaman masih diatas dari tolensi baku mutu industri kecap. Dimana kandungan yang terdapat dalam air limbah ini masih mengandung asam. Keasaman ini disebabkan adanya penggunaan sabun dalam pencucian yang banyak.

Pada parameter temperatur yaitu hasil dengan rerata 31<sup>0</sup>c. Besar suhu ini berada di atas batas normal (toleransi) yang ditetapkan pada baku mutu yaitu suhu maksimum 25–30<sup>0</sup>c. Besaran suhu ini disebabkan adanya beberapa faktor salah satunya yaitu dalam penggunaan mesin pabrik terutama mesin pencucian yang menghasilkan air limbah panas kemudian masuk ke saluran pengolahan limbah cair. Besarnya suhu dapat mempengaruhi berbagai hal salah satunya yaitu mengganggu pertumbuhan organisme air dalam memecah atau merombak bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Variabel pendukung lainnya yaitu debit air atau *V-Notch*. Dari hasil debit air dalam perlakuan waktu 2 jam menunjukkan rerata 2,6 m<sup>3</sup>/ton produk kecap, dari hasil ini sudah di bawah ambang batas untuk memproduksi suatu barang (kecap), dalam peraturan baku mutu air limbah industri kecap yaitu 10 (m<sup>3</sup>/ton produk kecap).

### C. Analisis Limbah Cair dengan Perlakuan Waktu 3 jam

Salain hasil analisis perlakuan pertama dan perlakuan kedua dengan perlakuan waktu aerasi 1 dan 2 jam terdapat juga hasil dengan perlakuan waktu 3 jam dalam menentukan kualitas limbah cair. Hasil analisis limbah cair dengan perlakuan waktu 3 jam disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Limbah Cair Dengan Perlakuan Waktu 3 Jam

| .No. | Parameter                     | Hasil Analisis Air Limbah |               |               |        | *Baku Mutu air limbah |
|------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|--------|-----------------------|
|      |                               | 3 Jam                     |               |               |        |                       |
|      |                               | Pengulangan 1             | Pengulangan 2 | Pengulangan 3 | Rerata |                       |
| 1    | TSS (mg/l)                    | 95.1                      | 98            | 94            | 95.7   | 100                   |
| 2    | BOD (ppm)                     | 80.64                     | 88.25         | 90.46         | 86.45  | 100                   |
| 3    | COD (ppm)                     | 146.22                    | 167.02        | 162.17        | 158.47 | 175                   |
| 4    | pH (H+)                       | 7                         | 7             | 7             | 7      | 6-9                   |
| 5    | Suhu(°C)                      | 29                        | 27            | 30            | 28.67  | -                     |
| 6    | V-notch (m <sup>3</sup> /ton) | 2.60                      | 2.60          | 2.60          | 2.60   | -                     |

Hasil pemeriksaan TSS Hasil dengan perlakuan waktu 3 jam didapatkan dengan rerata 95,7 mg/l, hasil ini menunjukkan bahwa kondisi TSS berada di bawah dari ambang batas yang ditetapkan yaitu maksimum sebesar 100 mg/l dan tidak perlu untuk diproses kembali. Besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran besar 1  $\mu$ m yang tersuspensi dalam satu kolam air. Sehingga organisme hidup untuk memecah senyawa organik dalam air limbah dapat bekerja dengan maksimal.

Hasil analisis parameter BOD, didapatkan hasil perlakuan waktu aerasi selam 3 jam dengan rata-rata 86,45 mg/l. Hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa sudah di bawah toleransi baku mutu air limbah yang sebesar 100 mg/l. Jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air atau merupakan suatu nilai empiris yang mendekati secara global sehingga dapat terjadinya proses penguraian bahan – bahan organik yang terdapat dalam air terutama pada limbah dan sebagai hasil dari proses oksigen tersebut akan terbentuk CO<sub>2</sub>, air dan NH<sub>3</sub>.

Hasil parameter COD yang didapatkan rata-rata 164,47, dari hasil perlakuan 3 jam ini didapatkan bahwa sudah di bawah baku toleransi pada baku mutu industri kecap sebesar 100 mg/l dari hasil ini juga menandakan jangka waktu 3 jam yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi organik yang terkandung dalam air limbah sudah bekerja secara maksimal.

Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, pada pengujian kadar COD termasuk dalam variabel utama, rendahnya kadar COD disuatu perairan tertentu, disebabkan oleh penguraian beberapa komponen dalam perairan atau air limbah yang stabil terhadap reaksi biologi atau dapat diurai ataupun dioksidasi oleh organisme hidup secara maksimal dalam waktu 3 jam sehingga kadar COD menjadi dalam perairan tersebut menjadi rendah.

Dari hasil parameter pH yang dilakukan diperoleh hasil dengan rata pH 6,66. Dari hasil yang didapatkan menandakan bahwa derajat keasaman yang ada di PT. Lombok Gandaria dengan perlakuan 3 jam sudah di

bawah toleransi dalam baku mutu. Kandungan asam yang terdapat dalam air limbah lebih sedikit dibanding dengan perlakuan sebelumnya. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa organisme hidup untuk memecah bahan organik dalam air limbah dapat bekerja.

Hasil parameter temperatur atau suhu yang dilakukan di PT. Lombok Gandaria pada perlakuan 3 jam didapatkan hasil dengan rata-rata  $28,6^{\circ}\text{C}$ . Besar suhu pada perlakuan 3 jam sudah berada dalam batas normal (toleransi) yang ditetapkan yaitu parameter suhu adalah maksimum  $25^{\circ}\text{C}$ – $30^{\circ}\text{C}$ .

Tinggi atau rendahnya suhu disebabkan adanya beberapa faktor salah satunya yaitu dalam penggunaan mesin pabrik terutama mesin pencucian yang menghasilkan air limbah panas kemudian masuk ke saluran pengolahan limbah cair. Besarnya suhu dapat mempengaruhi berbagai hal salah satunya yaitu mengganggu pertumbuhan organisme air dalam memecah atau mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Dari hasil parameter debit air penelitian didapatkan rata – rata  $6 \text{ cm} = 2,60 \text{ m}^3 / \text{ton}$  produk kecap, hasil ini berada di bawah ambang batas untuk memproduksi suatu barang (kecap), dalam Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap yaitu  $10 \text{ (m}^3/\text{ton produk kecap)}$ . Pembatasan untuk memproduksi suatu barang agar tidak secara berlebihan, selain itu juga semakin banyak memproduksi juga menghasilkan limbah yang banyak, oleh

karena itu pembatasan ini telah tercantum dalam baku mutu. Hasil perlakuan 3 jam ini juga sama dengan dari hasil perlakuan 1 dan 2 jam. Ketiga perlakuan ini berada dalam dibawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah Provinsi Jawa Tengah.

Dari hasil perlakuan ketiganya (1 jam, 2 jam dan 3 jam), estimasi waktu aerasi yang diperlukan untuk pengolahan limbah cair industri kecap, yaitu pada perlakuan ketiga. Dari hasil dengan enam parameter yang diujikan dalam penentuan kualitas air limbah industri kecap berada di bawah toleransi yang ditetapkan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap.

#### **D. Analisis Jumlah Kematian Ikan Sebagai Bioindikator**

Dalam penelitian ini digunakan dengan enam parameter dikombinasikan dengan penggunaan bioindikator, metode ini merupakan upaya untuk mendeteksi adanya suatu pencemaran, berupa Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*).

Dari hasil yang didapatkan pada perlakuan 1 jam 17 ekor ikan Nila mati. Ini menandakan bahwa kadar air limbah dengan waktu 1 jam belum bagus. Ini disebabkan estimasi waktu 1 jam untuk mengolah air limbah ssingkat. Sehingga pertumbuhan organisme hidup sangat sedikit untuk memecah atau mengoksidasi yang terkandung dalam air limbah (Arie, 1999). Hasil pada perlakuan 2 jam, ikan yang mati sebanyak 11 ekor ikan. Kematian ikan ini disebabkan karena kurangnya waktu dalam mengolah

air limbah, sehingga air limbah ini tidak sesuai yang dibutuhkan oleh ikan (Effendie, 2003).

Pada perlakuan 3 jam didapatkan hasil 4 ekor ikan yang mati. Dari hasil ini menunjukkan bahwa kandungan air limbah dengan estimasi waktu 3 jam sudah berada di bawah baku mutu. Hal ini disebabkan waktu yang dibutuhkan untuk mengelola air limbah sudah maksimal, sehingga air limbah ini sesuai apa yang dibutuhkan oleh ikan terpenuhi (Alaert, 1987 dan Effendie, 2003).

Dari ketiga perlakuan yang paling banyak mati pada perlakuan yang pertama dan perlakuan kedua dibanding dengan perlakuan 2 jam dan 3 jam.

#### IV. Simpulan dan Saran

##### Simpulan

1. Keefektifan dengan metode aerasi dalam sistem pengolahan air limbah dengan variasi waktu 3 jam pada sistem aerasi, dapat menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand*, *Total Suspended Solid* dan keasaman pada limbah cair. Sudah di bawah toleransi Baku Mutu Industri Kecap.
2. Perlakuan 3 jam dalam penggunaan sistem aerasi sudah aman terhadap makhluk hidup maupun lingkungan

##### Saran

Pemanfaatan ikan Nila dapat digunakan sebagai bioindikator untuk mengukur kinerja IPAL pada instansi bersangkutan, namun tidak melepas

kewajiban untuk tetap melakukan pengujian kualitas air limbah secara berkala.

V. Daftar Pustaka

Alaert, G. dan Santika, S.S., 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.

Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah tahun 2012 *tentang Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah*.

Badan Standardisasi Nasional, Jakarta. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah, No 05 tahun 2012. Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 *Tentang Baku Mutu Air Limbah*.

Bitton, G. dan Santika, S.S *Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah*. 15 Mei 2012.

Efendie, M.I., 2003. *Metoda Biologi Perikanan*. Y. Dewi Sri, Bogor

Efendie, H., 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta

Fardiaz, 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta