

Analisa Perbaikan Sistem Instalasi Pembuangan Air Limbah Kawasan Pemukiman

Francisco Sarmiento^{1)*}, I.G.B Wijaya Kusuma²⁾, I.W Bandem Adnyana²⁾

⁽¹⁾Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali 80362

Abstrak

Urbanisasi di kota Denpasar terus mengalami peningkatan dan standar hidup masyarakat di kota-kota besar juga terus meningkat di mana kebutuhan sumber air bersih menjadi lebih tinggi, Kota Denpasar merupakan tujuan wisata lokal (domestic) maupun internasional, sehingga pengelolaan lingkungan menjadi salah satu prioritas utama bagi pemerintah. upaya pencegahan masuknya air limbah domestik yang telah dilakukan oleh pemerintah melalui Sanitasi berbasis Masyarakat (Sanimas) untuk pengolahan skala komunal dan Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) sebagai pengolahan air limbah domestik terpusat skala kawasan, serta Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Suwung. Metode dan tahapan proses pengolahan limbah cair yang telah dirancang dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang bagus. Karena limbah cair yang ada memiliki kandungan polutan yang hampir sama sehingga tidak akan dibutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula. Proses pengolahan tersebut telah dapat diaplikasikan secara keseluruhan, berupa kombinasi beberapa proses atau hanya salah satu proses. Proses pengolahan tersebut dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan atau faktor finansial agar menghasilkan biaya yang lebih ekonomis. Pemecahan masalah air limbah dengan metoda ringkas dan menghasilkan output yang lebih baik bagi lingkungan hidup dilakukan dengan jalan memperbaiki sistem jaringan pembuangan limbah. Berdasarkan perbaikan sistem jaringan tersebut, maka dapat disampaikan bahwa untuk menangani 600 pelanggan dimana tiap pelanggan dibatasi sebesar 20 liter limbah cair per hari sehingga volume limbah per hari yang bisa dilayani adalah 12.000 liter dengan kebutuhan energi listrik adalah 5,238 kWh dengan biaya Rp. 237.420 per bulan.

Kata kunci: Instalasi sistem IPAL, higiene, ekonomis

Abstract

Urbanization in the city of Denpasar continues to increase and the living standards of people in big cities also continue to increase where the need for clean water sources to be higher, The city of Denpasar is a local tourist destination (domestic) and international, so environmental management becomes one of the main priorities for the government. Efforts to prevent the entry of government domestic wastewater through Sanin-based Sanitation for communal scale processing and Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) as centralized domestic wastewater treatment of regional scale, and Suwung Sludge Treatment Plant (IPLT). The method and stages of liquid waste treatment process which have been designed in this research show good result. Because the existing liquid waste has a content of almost the same pollutant so it will not need different processing. Processing processes have been applied as a whole, in the form of a combination of several processes or just one process. Processing is modified in accordance with the needs or financial factors in order to produce a more economical cost. Solving wastewater problems by a compact method and producing a better output

for the environment is done by improving the sewerage network system. Based on the improvement of the network system, it can be said that to handle 600 customers where each customer is limited to 20 liters of liquid waste per day so that the volume of waste per day that can be served is 12,000 liters with the need for electrical energy is 5,238 kWh with cost Rp. 237,420 per month.

Keywords: Installation of WWTP system, hygiene, economical

1. PENDAHULUAN

Masalah limbah padat dan cair di kota Denpasar sudah sangat kompleks karena limbah dapat mengandung bahan-bahan organik atau bahan anorganik yang dapat menurunkan kualitas air, sehingga menimbulkan warna, rasa serta bau pada air bahkan juga mengandung logam-logam berat. Air limbah yang mengandung logam berat perlu mendapatkan perhatian khusus, mengingat logam berat akan memberikan racun yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia maupun bagi ekosistem dimana limbah tersebut dibuang. Beberapa jenis limbah cair seperti limbah tekstil, limbah industry perumahan, limbah industri, alat-alat listrik, pelapisan logam (*electroplating*) dan lain-lain merupakan penghasil air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Cu, Cr, Fe, Mn, Zn, Ni dan sebagainya. Limbah tersebut bila dibuang ke lingkungan harus melalui suatu proses pengolahan terlebih dahulu agar dapat memenuhi baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan oleh pemerintah [1].

Kota Denpasar merupakan tujuan wisata lokal (domestic) maupun internasional, sehingga pengelolaan lingkungan menjadi salah satu prioritas utama bagi pemerintah, upaya pencegahan masuknya air limbah domestik yang telah dilakukan oleh pemerintah melalui Sanitasi berbasis Masyarakat (Sanimas) untuk pengolahan skala komunal dan Denpasar Sewerage Development Project(DSDP) sebagai pengolahan air limbah domestik terpusat skala kawasan, serta Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).Sejak tahun 2008, pembangunan prasarana air limbah terpusat di Denpasar telah beroperasi untuk menangani air limbah domestik di kota Denpasar dan sekitarnya, Pengelolaan air limbah sebenarnya telah diatur dalam peraturan pemerintah melalui PP No. 82 Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Memanfaatkan air limbah menjadi sesuatu yang berguna, adalah tindakan yang sangat bijaksana. Pengolahan limbah cair yang sedang dilakukan saat ini membutuhkan biaya yang cukup besar karena dikumpulkan pada satu titik di daerah Suwung. Jarak dari satu titik ke titik IPAL sangat jauh sehingga perlu daya dan biaya operasional yang tinggi. Hasil olahan dari *Denpasar Sewerage Development Project* (DSDP) juga kurang efektif dimana air limbah yang masih kotor di buang begitu saja ke laut, sehingga pemerintah melalui Dinas Pekerjaan Umum perlu perencanaan yang lebih kompak (ringkas) untuk menangani masalah air limbah tersebut serta menghasilkan kualitas air bersih yang lebih baik lagi bagi lingkungan hidup.

2. METODE

2.1. Ruang Lingkup Penelitian

Rancangan Penelitian ini untuk menganalisis penurunan biaya operasional akibat pemakaian sistem IPAL yang ringkas dan mampu meningkatkan kualitas air yang dihasilkan dan merupakan penelitian empiris dengan melakukan kajian terhadap lahan yang tersedia dan kualitas yang dihasilkan.

Efektivitas pengolahan limbah difokuskan pada kualitas hasil olahan limbah cair yang dihasilkan oleh mini IPAL tersebut. Data efektivitas berupa data kuantitatif yang diperoleh

dari hasil uji Laboratorium sampel limbah cair dari STP.

2.2. Ruang Lingkup Penelitian

mengkaji bagaimana merancang mini IPAL yang mampu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kualitas air baku yang dihasilkan. Akhir penelitian ini menggambarkan efektivitas pengolahan air limbah yang dihasilkan dan didasarkan pada kualitas limbah hasil olahan dibandingkan dengan Standar Baku Mutu limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007. Apabila masih ada parameter uji yang masih melebihi standar baku mutu (Nilai Ambang Maksimum) maka akan dilakukan pengarahan/penyuluhan terhadap pengusaha untuk melakukan pengolahan air limbah yang lebih baik untuk mencapai standar yang di harapkan. Demikian juga apabila berdasarkan hasil evaluasi diketahui bahwa kualitas air limbah sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah kota Denpasar maka diupayakan untuk mempertahankan dan meningkatkan pencapaian tersebut agar tidak terjadi penurunan kualitas air limbah sesuai standar pemerintah propinsi Bali.

2.3. Obyek Penelitian

Sampel dalam penelitian ini diambil dari tempat pengolahan (WTP) yang ada di tempat kawasan pemukiman Sanglah. Sampel diambil dari populasi tempat pengolahan dan tempat pembuangan limbah cair yang ada di kota Denpasar.

2.4 Jenis Data

Adapun jenis data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data kualitatif, data berupa penjabaran atau deskripsi secara terinci dalam bentuk pernyataan yang berkaitan dengan penelitian dan tidak berupa angka-angka, seperti data tentang kategori tingkat partisipasi pengolahan air limbah yang dilihat dari pemahaman yang dimiliki oleh operasional pengolahan STP berkaitan dengan pentingnya pengolahan air limbah bagi lingkungan, bahaya pencemaran oleh air limbah.
- 2) Data kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka yang dapat digunakan untuk mencari perhitungan-perhitungan yang diperlukan dalam penelitian. Dalam penelitian ini ada data tentang hasil uji laboratorium terhadap kualitas air limbah yang akan memperlihatkan data besaran kandungan bahan-bahan kimia yang terkandung dalam pencemar air limbah.

2.5 Sumber Data

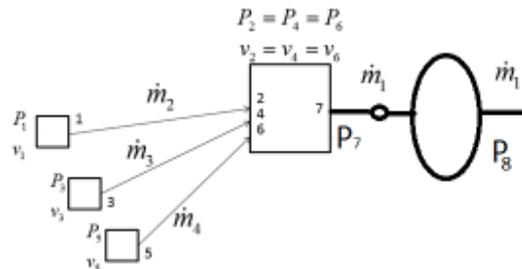
Data yang dipergunakan dalam penelitian ini bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung dari sumber di lapangan, diperoleh melalui metode observasi dan pengamatan di lokasi penelitian. Data primer ini berupa data tentang bentuk pengolahan air limbah serta sistem IPAL yang ada saat ini, sedangkan data hasil analisa laboratorium terhadap air limbah yang akan di uji. Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh melalui studi literature, jurnal, artikel yang sudah dalam bentuk hasil penelitian dari berbagai pihak lain dapat berupa dokumen dan laporan ilmiah maupun buku-buku yang dipakai sebagai pendukung dan penunjang dalam proses analisis dan digunakan sebagai dasar dalam penentuan sampel.

2.6 Instrumen Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa efektivitas pengolahan limbah cair menggunakan sistem mini IPAL. Hasil aktivitas berupa kualitas olahan limbah dalam bentuk air yang dibuang melalui outlet-outlet dari tempat usaha maupun dari masyarakat lokal.

Sedangkan efektivitas pengolahan limbah adalah tingkat kualitas hasil olahan limbah cair yang dihasilkan dibandingkan dengan Standar Baku Mutu air Limbah yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Bali Nomor: 8 tahun 2007.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3.1 Kondisi desain instalasi pengolah limbah dengan bak penampung

3.1 Menentukan kecepatan dalam pengaturan fluent untuk desain awal

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$d = 12 \text{ cm} = 120 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\mu = 0.001003 \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

Reynolds number yang digunakan adalah 2300 dikarenakan pada kondisi ini, fluida mengalami laminar. Maka didapat lah kecepatan dengan menggunakan persamaan bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

$$v = \frac{Re \mu}{\rho d}$$

$$v = \frac{(2300) \left(0.001003 \frac{\text{kg}}{\text{ms}} \right)}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (120 \times 10^{-3} \text{ m})}$$

$$v = 0.0192 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Head pada pipa 1

$$H_1 = (P_1 - P_2) + \rho g (z_1 - z_2) + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2} \right)$$

$$H_1 = (3 \text{ atm} - 1 \text{ atm}) + \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (4 \text{ m} - 0 \text{ m}) + \left(\frac{\left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2} \right)$$

$$H_1 = 2 \text{ atm} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_1 = 202650 \text{ Pa} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_1 = 241892 \text{ Pa}$$

Head pada pipa 2

$$H_2 = (P_3 - P_4) + \rho g (z_3 - z_4) + \left(\frac{v_3^2 - v_4^2}{2} \right)$$

$$H_2 = (3 \text{ atm} - 1 \text{ atm}) + \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (4 \text{ m} - 0 \text{ m}) + \left(\frac{\left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2} \right)$$

$$H_2 = 2 \text{ atm} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_2 = 202650 \text{ Pa} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_2 = 241892 \text{ Pa}$$

Head pada pipa 3

$$H_3 = (P_5 - P_6) + \rho g (z_5 - z_6) + \left(\frac{v_5^2 - v_6^2}{2} \right)$$

$$H_3 = (3 \text{ atm} - 1 \text{ atm}) + \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (4 \text{ m} - 0 \text{ m}) + \left(\frac{\left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2} \right)$$

$$H_3 = 2 \text{ atm} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_3 = 202650 \text{ Pa} + 39242 \text{ Pa}$$

$$H_3 = 241892 \text{ Pa}$$

Massa Balance

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_4$$

$$\dot{m}_2 = A \bar{v}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\pi d^2}{4} \bar{v}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{(3.14)(120 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} \left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$\dot{m}_2 = 0.1184 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Jika $\dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4$ maka mass balance sama dengan

$$\dot{m}_1 = 3 \dot{m}_2$$

$$\dot{m}_1 = 3 \left(0.1184 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)$$

$$\dot{m}_1 = 0.5652 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Energi Balance

$$\dot{V}_2 H_1 + \dot{V}_3 H_2 + \dot{V}_4 H_3 = \dot{V}_1 H_4$$

$$\dot{V}_2 = \frac{\dot{m}_2}{\rho}$$

$$\dot{V}_3 = \frac{\dot{m}_3}{\rho}$$

$$\dot{V}_4 = \frac{\dot{m}_4}{\rho}$$

$$\dot{V}_2 = \frac{\left(0.1184 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad \dot{V}_3 = \frac{\left(0.1184 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad \dot{V}_4 = \frac{\left(0.1184 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}$$

$$\dot{V}_2 = 1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \dot{V}_3 = 1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \dot{V}_4 = 1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\left(1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (1474500 \text{ Pa}) + \left(1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (1474600 \text{ Pa}) - \left(1.184 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (1474600 \text{ Pa}) \dot{V}_1 H_4$$

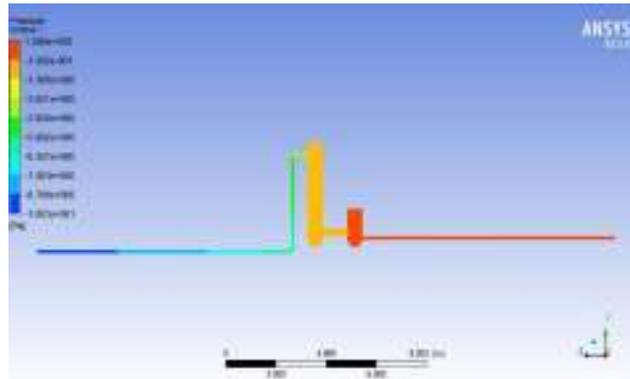
$$\dot{V}_1 H_4 = 523,77792 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{V}_1 H_4 = 523,77792 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\dot{V}_1 H_4 = 523,77792 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya Listrik terpakai} = 523,77792 \text{ Watt}$$

Daya Pompa = 523,8 Watt



Gambar 3.2 Tekanan fluida setelah adanya bak penampung

Pemecahan masalah air limbah dengan metoda ringkas dan menghasilkan output yang lebih baik bagi lingkungan hidup dilakukan dengan jalan memperbaiki system jaringan pembuangan limbah. Berdasarkan perbaikan sistem jaringan tersebut, maka dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Setiap pipa dengan panjang 2000 meter mampu menampung 200 pelanggan. Dengan demikian untuk 3 pipa mampu menangani 600 pelanggan dimana tiap pelanggan dibatasi sebesar 20 liter limbah cair per hari.
2. Agar di hasilkan kualitas air yang lebih higienis dan ekonomis dari 600 pelanggan maka:
 - Volume limbah per hari yang bisa dilayani adalah 12.000 liter atau setara dengan 12 m³ per hari.
 - Untuk mengatasi limbah tersebut maka hanya diperlukan 1,2 m³ unit pengolah limbah yang bekerja 10 jam per hari.
 - Di asumsikan 1 (satu) unit rumah dengan penghuni 4 (empat) orang atau 600 x 4 = 2400 jiwa
 - Dengan ukuran 1,2 m³ tersebut, didapatkan bahwa kebutuhan energi listrik adalah 85 Watt sehingga dalam 10 jam operasional diperlukan energi sebesar 850 Watt jam atau 0.85 kWh. Apabila ditambah pompa sebesar 523,8 Watt
3. Dalam 10 jam operasional diperlukan energi sebesar 5238 Watt jam atau 5,238 kWh.
4. Apabila nilai energi sebesar Rp. 1,300 per kWh, maka biaya yang dikeluarkan per hari adalah Rp. 7.914 per hari atau sekitar Rp. 237.420 per bulan.

Kemampuan pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah DSDP Tahap I diperoleh sebesar 51.000 m³ /hr. Sementara pada tahun 2007 limbah yang dihasilkan oleh penduduk di daerah layanan adalah 40.777,41 m³ /hr. Jumlah ini terus meningkat seiring dengan

perkembangan daerah layanan dan didapatkan hingga tahun 2020 kemampuan kapasitas pengolahan limbah telah dilampaui yaitu sebesar 51.843,54 m³/hr. Oleh karena itu diperlukan pengembangan instalasi pengolahan air limbah yang bertujuan untuk memenuhi kapasitas pengolahan yang terus meningkat. Sehingga dalam perencanaan 2020, untuk dapat menyaingi DSDP saat itu maka diperlukan instalasi yang ringkas sejumlah 1350 buah yang tersebar di berbagai titik. Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah atau *Waste Water Treatment Plant* terletak di desa Suwung Kauh yang menempati areal seluas 10 Ha, dengan desain flow 51.000 m³/hr (phase I). Kapasitas IPAL yang telah dibangun pada tahap I yaitu sebesar 51.000 m³/hari yang diperkirakan dapat menampung air limbah yang dihasilkan oleh 9.129 sambungan rumah yang telah terkoneksi. Dengan menggunakan IPAL yang ringkas dimana setiap unit pengolah hanya memerlukan 2 m² maka diperlukan luas total adalah 1350 dikali 2 m² atau sebesar 2700 m², jauh lebih kecil dibandingkan dengan 100.000 m² yang diperlukan oleh DSDP Suwung saat ini.

Pengolahan limbah yang dilakukan pada kolam aerasi akan menghasilkan keluaran air olahan dengan BOD kurang dari 30 mg/lit di mana standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu sebesar 50 mg/lit. Pada sistem DSDP ini terdapat 2 rumah pompa yang terletak di Sanur dan Kuta dengan kapasitas aliran pompa sebesar 12,4 m³/menit untuk rumah pompa Sanur 23,8 m³/menit untuk rumah pompa Kuta yang bila di total adalah 36,2 m³/menit. Dengan kapasitas pompa tersebut sudah dapat memenuhi kebutuhan pengaliran limbah di masing-masing lokasi ke *inflow pumping station* untuk kemudian dialirkan dan diolah di dalam IPAL. Dengan menggunakan sistem IPAL yang ringkas, maka debit pompa adalah sebesar 1350 dikali 0.027 m³/menit atau sebesar 36 m³/menit. Dengan demikian debit pompa yang diperlukan baik sistem IPAL saat ini (eksisting) maupun rancangan adalah sama yakni 36 m³/menit.

4. SIMPULAN

Metode dan tahapan proses pengolahan limbah cair yang telah dirancang dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang bagus. Karena limbah cair yang ada memiliki kandungan polutan yang hampir sama sehingga tidak akan dibutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula. Proses-proses pengolahan tersebut telah dapat diaplikasikan secara keseluruhan, berupa kombinasi beberapa proses atau hanya salah satu proses. Proses pengolahan tersebut dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan atau faktor finansial agar menghasilkan biaya yang lebih ekonomis. Perbaikan system Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL) pada satu kawasan pemukiman agar menurunkan biaya operasional dan menghasilkan baku mutu air lebih baik telah dapat dirancang dengan baik. Hasilnya adalah untuk menangani 600 konsumen dengan total limbah 12 m³ per hari dan biaya Rp. 237.420 per bulan, luasan yang diperlukan hanya 2 m² serta debit pompa adalah 0.027 m³/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mark Nelson Silver, (2014) *Wastewater Gardens International* 7, Hills Road Santa Fe, NM 87508 Amerika Serikat.
- [2] Wardhana, (1995) Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air.
- [3] Fajarwati, (2000), Terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan,.
- [4] Kualitas limbah hasil olahan dibandingkan dengan Standar Baku Mutu limbah. Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007

- [5] Wignjohusodo, (1996) Proses Biofilter Anaerob-aero.
- [6] Sugiharto, (1987) Tentang di definisikan limbah cair sebagai kotoran dari rumah tangga juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya