

Laporan Hasil Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2012



Komparasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dengan Dan Tanpa Penambahan Konsorsium Bakteri Potensial

Tim Peneliti:

Nita Citrasari, S. Si., M.T.
Nur Indradewi Oktavetri, S. T., M.T.
Mochamad Zakki Fahmi, S. Si., M. Si.
Drs. Agus Supriyanto, M. Kes

Dibiayai oleh DIPA Universitas Airlangga sesuai dengan
Surat Keputusan Rektor Tentang Kegiatan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi
Tahun Anggaran 2012 Nomor: 2613/H3/KR/2012, Tanggal 9 Maret 2012

**UNIVERSITAS AIRLANGGA
2012**

Laporan Hasil Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2012



Komparasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dengan Dan Tanpa Penambahan Konsorsium Bakteri Potensial

Tim Peneliti:

Nita Citrasari, S. Si., M.T.
Nur Indradewi Oktavitri, S. T., M.T.
Mochamad Zakki Fahmi, S. Si., M. Si.
Drs. Agus Supriyanto, M. Kes

Dibiayai oleh DIPA Universitas Airlangga sesuai dengan
Surat Keputusan Rektor Tentang Kegiatan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi
Tahun Anggaran 2012 Nomor: 2613/H3/KR/2012, Tanggal 9 Maret 2012

**UNIVERSITAS AIRLANGGA
2012**

Halaman Pengesahan

1. JUDUL : Komparasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dengan dan Tanpa Penambahan Konsorsium Bakteri Potensial
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Nita Citrasari, S. Si., M. T.
 - b. Jenis Kelamin : L / P
 - c. NIP : 19820802 200812 2 002
 - d. Pangkat/Golongan/ : Penata Muda Tk. I/IIIb
 - e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - f. Bidang Keahlian : Pengolahan Limbah secara Mikrobiologi
 - g. Fakultas/Jurusan/Puslit : Sains dan Teknologi/Ilmu dan Teknologi Lingkungan (ITL)
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Tim Peneliti

No.	Nama Peneliti	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Nur Indradewi Oktavetri, S. T., M. T.	Teknologi Lingkungan	Fakultas Sains dan Teknologi/Ilmu dan Teknologi Lingkungan (ITL)	Universitas Airlangga
2.	Mochamad Zakki Fahmi, S. Si., M. Si.	Kimia Fisik	Fakultas Sains dan Teknologi/Kimia	Universitas Airlangga
3.	Drs. Agus Supriyanto, M. Kes	Mikrobiologi	Fakultas Sains dan Teknologi/Biologi	Universitas Airlangga

3. Pendanaan dan Jangka Waktu Penelitian
- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 1 tahun
 - b. Biaya yang diusulkan : Rp 40.000.000,-
 - c. Biaya yang disetujui tahun ini : Rp 35.000.000,-

Surabaya, 31 Oktober 2012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi,

Prof. Drs. Win Darmanto, M. Si., Ph. D
NIP. 19610616 198701 1 001

Ketua Peneliti/

Nita Citrasari, S. Si., M. T.
NIP. 19820802 200812 2 002

Mengetahui
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Dr. Djoko Agus Purwanto, Apt., M.Si.
NIP. 19590805 198701 1 001

Komparasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik
Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dengan Dan Tanpa Penambahan Konsorsium
Bakteri Potensial

(Nita Citrasari, Nur Indradewi Oktavetri, Mochamad Zakki Fahmi, dan Agus Supriyanto)

RINGKASAN

Rumah makan padang merupakan salah satu sumber limbah cair domestik. Kandungan bahan organik dalam *grey water* yang tinggi dari limbah cair domestik ini, potensial mencemari badan air jika dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Untuk meminimisasi pencemaran, maka seharusnya dilakukan pengolahan limbah limbah cair domestik yang dihasilkan dari rumah makan tersebut. Selama ini yang menjadi permasalahan adalah biaya yang mahal untuk membuat dan mengoperasikan unit pengolahan limbah.

Unit pengolahan biologis merupakan alternatif utama yang dapat dipilih untuk pengolahan limbah limbah cair domestik ini karena nilai rasio BOD/COD adalah 0,4 yang berarti limbah bersifat *biodegradable*. Limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan mudah terurai merupakan medium yang bagus untuk pertumbuhan mikroba.

Di Indonesia, BPPT telah mengembangkan teknologi tepat guna untuk pengolahan air limbah, yaitu biofilter anaerob-aerob bermedia sarang tawon. Pengolahan ini berpotensi diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair bahan kimia, domestik, bahan makanan, *soft drink*, *landfill leachate* dan industri farmasi (Young, 1991; Rittmann dan McCarty, 2001). Akan tetapi, penggunaan *packing* dari bahan plastik mempunyai kelemahan harga yang relatif tinggi (Metcalf dan Eddy, 2003) dan kecenderungan kehilangan padatan biologis lebih besar (Rittmann dan McCarty, 2001).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari biofilter anaerob aerob jika digunakan limbah cair domestik. Dalam proses penelitian, media yang dipakai dalam biofilter anaerob-aerob sebagai pengganti sarang tawon adalah bambu yang mudah didapatkan di lokasi penelitian dan memenuhi beberapa kriteria media, seperti kuat dan

mempunyai penampang yang luas. Upaya pengoptimalan kinerja reaktor yang lain adalah dengan memberikan perlakuan penambahan konsorsium bakteri potensial sehingga ada 2 seri reaktor yang digunakan, yaitu dengan dan tanpa penambahan bakteri. Bakteri yang ditambahkan terdiri atas bakteri amilolitik, proteolitik, dan lipolitik. Kemudian dari hasil pengolahan yang ada, dihitung efisiensi dari setiap reaktor supaya dapat dilakukan komparasi diantara kedua reaktor tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit total rata-rata limbah cair domestik sebesar 5,45 m³/hari. Sedangkan debit tertinggi dan terendah sebesar 6,23 m³/hari dan 4,47 m³/hari. Debit tertinggi terjadi pada pukul 14.00-15.00 WIB dan terjadi 1 kali per hari. Untuk debit harian, nilai tertinggi sebesar 6,69 m³/hari yang terukur pada hari Senin. Sebaliknya, pada hari Minggu debit yang terukur adalah 2,43 m³/hari yang merupakan debit terendah.

Sugiharto (1987) menyatakan bahwa air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat, sesuai dengan sumber asalnya. Akan tetapi secara garis besar bahan padat organik, biasanya meliputi protein (65%), karbohidrat (25%), dan lemak (10%). Sedangkan pada limbah cair ini, komposisi limbahnya terdiri atas protein 0,65%; amilum 0,08%; dan lipolitik 98,4%.

Limbah cair ini, juga dianalisis karakter fisik, kimia, dan biologinya. Nilai suhu, pH, dan TSS yang terukur, yaitu: 30° C, 6, dan 248,00-2086,00 mg/L. Untuk parameter NH₃-N (amonia total), minyak dan lemak, BOD₅, COD, dan zat organik (KMnO₄), nilainya secara berurutan dengan satuan mg/L adalah 3,50-4,26; 17533,7-18189,2; 154,40-1163,30; 384,00-2912,00; 142,20-750,50. Nilai yang terukur tersebut semuanya melebihi nilai yang disyaratkan, jika dibandingkan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke badan air limbah harus diolah terlebih dahulu. Sedangkan hasil pengujian karakter biologi diketahui bahwa dalam 1 ml limbah cair domestik mengandung 3,2 x 10⁶ CFU bakteri yang siap melakukan proses biodegradasi.

Sesuai tabel klasifikasi dari Rump dan Krist, (1992) dalam Effendi (2003), diketahui bahwa limbah cair domestik ini berpotensi mencemari lingkungan dengan tingkat pencemaran ringan-berat jika limbah dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan. Hasil perbandingan dengan Veenstra (1995) dan Hammer (1986) juga menunjukkan bahwa kualitas limbah cair domestik melebihi nilai karakter normal limbah cair. Hal tersebut berarti bahwa beban biofilter dalam pengolahan limbah cair domestik ini akan lebih berat jika dibandingkan dengan limbah cair domestik pada umumnya.

Sedangkan untuk hasil *runing* biofilter, terlihat terjadi tren penurunan nilai pada parameter COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, dan $KMNO_4$ pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba di setiap unit pengolahan. Akan tetapi, tidak terjadi pada nilai pH dan suhu karena berfungsi sebagai kontrol kualitas lingkungan supaya proses biologis berjalan optimal. Selain itu, ada perbedaan efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba, yaitu nilai efisiensi cenderung lebih bagus pada limbah dengan penambahan konsorsium bakteri potensial. Secara berurutan untuk parameter COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, dan $KMNO_4$ untuk perlakuan dengan dan tanpa penambahan konsorsium bakteri, nilai efisiensinya adalah 95% dan 94%; 20% dan 0%; 100% dan 100%; 85% dan 76%; 37% dan 17%. Konsorsium bakteri potensial juga mampu tumbuh di media bambu pada unit pengolahan limbah menggunakan proses biofilter anaerob-aerob yang dibuktikan dengan adanya lapisan dengan karakteristik biofilm yang terbentuk.

Efficiency Comparison of Domestic Wastewater Treatment Process Using Anaerobic-aerobic BioFilter With And Without Adding Potential Bacterial Consortium

(Nita Citrasari, Nur Indradewi Oktavitri, Mochamad Zakki Fahmi, dan Agus Supriyanto)

SUMMARY

Padang restaurant is one of the sources of domestic wastewater. Organic matter content in the high grey water from domestic wastewater, potentially contaminating water bodies if disposed of without prior treatment. To minimize contamination, then it should be done domestic sewage effluent generated from the eating house. During this time the problems are expensive to create and operate a waste treatment facility.

Biological treatment units are the main alternatives that can be chosen for the treatment of domestic sewage effluent is because the value of the ratio of BOD / COD is 0.4, which means waste is biodegradable. Waste with high organic matter content and easily biodegradable is a good medium for microbial pertumbuhan.

In Indonesia, BPPT has developed appropriate technology for wastewater treatment, the anaerobic-aerobic biofilter mediated bee nest. This treatment has the potential to be applied in wastewater treatment chemicals, domestic, food, soft drinks, landfill leachate and the pharmaceutical industry (Young, 1991; Rittmann and McCarty, 2001). However, the use of packing plastic material having a relatively high price weakness (Metcalf and Eddy, 2003) and a tendency to lose a larger biological solids (Rittmann and McCarty, 2001).

Therefore, this study aims to determine the efficiency of the anaerobic aerobic biofilter if used in domestic wastewater. In the research process, the media used in the anaerobic-aerobic biofilter as a substitute for bamboo bee nests are easily available on-site research and media meets certain criteria, such as the strong and have a broad cross section. Efforts another reactor performance optimization is to provide additional treatment of potential bacterial consortium so there are 2 series of reactor used, ie with and without the addition of bacteria. Bacteria were added consisting of bacterial amylolytic, proteolytic, and lipolytic. Then from the existing

treatment, calculated the efficiency of each reactor in order to do the comparison between the two reactors.

The results showed that the average total discharge of domestic wastewater at 5.45 m³/day. While the highest and lowest discharge of 6.23 and 4.47 m³/day m³/day. Highest discharge occurred at 02:00 to 13:00 pm and occurred 1 time per day. For daily discharge, the highest value of 6.69 m³/day measured on Monday. Instead, on Sunday the measured discharge is 2.43 m³ which is the lowest discharge. Sugiharto (1987) states that waste water has a composition that varies greatly from any place and at any time, according to the source of origin. However, the outline of organic solid materials, typically include protein (65%), carbohydrates (25%), and fat (10%). Whereas the liquid waste, the composition of the waste consists of protein 0.65%, 0.08% starch, and lipolytic 98.4%.

Liquid waste, also analyzed the character of physical, chemical, and biological. Values of temperature, pH, and TSS were measured as follows: 30° C, 6, and from 248.00 to 2086.00 mg/L. For the parameters of NH₃-N (total ammonia), oil and grease, BOD₅, COD, and organic matter (KMnO₄), the value sequentially mg / L was 3.50 to 4.26; 17533.7 to 18189.2; 154.40 to 1163.30; 384.00 to 2912.00; 142.20 to 750.50. Are all measured values exceed the values required, when compared with the Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Therefore, before being discharged into the body of waste water must be processed first. While the results of testing the character of biology known that in 1 ml of domestic wastewater containing 3.2 x 10⁶ CFU of bacteria that are ready to do the biodegradation process.

Appropriate classification table of the Rump and Krist, (1992) in Effendi (2003), it is known that domestic wastewater has the potential to pollute the environment with pollution level is light-weight if the waste discharged directly into water bodies without treatment. The results of the comparison with Veenstra (1995) and Hammer (1986) also showed that the

quality of domestic effluent exceeds the normal character of wastewater. This means that the burden of biofilter in domestic wastewater treatment will be more severe when compared with domestic liquid waste in general.

As for the results of running biofilter, is seen going on a downward trend in the value of the parameters COD, BOD, TSS, oil and grease, ammonia, and KMnO_4 on the treatment of domestic wastewater using anaerobic-aerobic biofilter process with and without the addition of microbial consortia in each processing unit. However, it did not happen on the pH value and temperature as it serves as a quality control environment so that optimal biological processes. In addition, there are differences in the efficiency of domestic wastewater using anaerobic-aerobic biofilter process with and without the addition of microbial consortia, which tend to be good value for the efficiency of the waste with the addition of a potential bacterial consortium. Sequentially to the parameters COD, BOD, TSS, oil and grease, ammonia, and KMnO_4 to treatment with and without the addition of bacterial consortium, the value of the efficiency is 95% and 94%, 20% and 0%, 100% and 100%, 85% and 76%, 37% and 17%. Potential bacterial consortium was also able to grow in media bamboo at a waste treatment facility using anaerobic-aerobic biofilter process as evidenced by the presence of a layer with the characteristics of biofilm formed.

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari biofilter anaerob aerob dengan dan tanpa penambahan bakteri potensial. Unit pengolahan biologis merupakan alternatif utama yang dapat dipilih untuk pengolahan limbah rumah makan ini karena nilai rasio BOD/COD adalah 0,4 yang berarti limbah bersifat *biodegradable*. Limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan mudah terurai merupakan medium yang bagus untuk pertumbuhan mikroba. Ada 2 seri reaktor yang digunakan, yaitu dengan dan tanpa penambahan bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit total rata-rata pemakaian air sebesar 5,45 m³/hari. Sedangkan debit puncak sebesar 6,23 m³/hari pada pukul 14.00-15.00 WIB. Komposisi limbahnya terdiri atas protein 0,65%; amilum 0,08%; dan lipolitik 98,4%. Nilai suhu, pH, dan TSS yang terukur, yaitu: 30° C, 6, dan 248,00-2086,00 mg/L. Untuk parameter NH₃-N (amonia total), minyak dan lemak, BOD₅, COD, dan zat organik (KMnO₄), nilainya secara berurutan dengan satuan mg/L adalah 3,50-4,26; 17533,7-18189,2; 154,40-1163,30; 384,00-2912,00; 142,20-750,50. Nilai yang terukur, semuanya melebihi baku mutu. Sedangkan hasil pengujian karakter biologi diketahui bahwa dalam 1 ml limbah cair domestik mengandung 3,2 x 10⁶ CFU bakteri. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan dengan tingkat pencemaran ringan-sedang, jika limbah tidak diolah. efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan penambahan konsorsium mikroba, cenderung lebih bagus.

Kata Kunci: Biofilter, Anaerob-aerob, Efisiensi, Bakteri, Limbah cair domestik.

ABSTRACT

The study aims to determine the efficiency of the anaerobic aerobic biofilter with and without the addition of potential bacteria. Biological treatment unit is the main alternative to choose to eat the waste is because the value of the ratio of BOD/COD is 0.4, which means waste is biodegradable. Waste with high organic matter content and easily biodegradable is a good medium for microbial pertumbuhan. There are two series of reactors were used, with and without the addition of bacteria. The results showed that the average total discharge of 5.45 m³ of water use. While the peak discharge of 6.23 m³ at 02:00 to 03:00 pm. The composition of the waste consists of protein 0.65%, 0.08% starch, and lipolytic 98.4%. Values of temperature, pH, and TSS were measured as follows: 30° C, 6, and from 248.00 to 2086.00 mg / L. For the parameters of NH₃-N (total ammonia), oil and grease, BOD₅, COD, and organic matter (KMnO₄), the value sequentially mg/L was 3.50 to 4.26; 17533.7 to 18189.2; 154.40 to 1163.30; 384.00 to 2912.00; 142.20 to 750.50. Measured values all exceed the standard. While the results of testing the character of biology known that in 1 ml of domestic wastewater containing 3.2 x 10⁶ CFU of bacteria. Waste has the potential to pollute the environment with mild-moderate levels of contamination, if the waste is not processed. efficiency of domestic wastewater using anaerobic-aerobic biofilter process with the addition of microbial consortia, tend to be good.

Keywords: BioFilter, Anaerobic-aerobic, Efficiency, Bacteria, Domestic wastewater.

PRAKATA

Alhamdulillah, penulis ucapkan atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pemerintah Republik Indonesia, yang telah menerima proposal Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (UPT) kami di Tahun 2012 dan memberikan bantuan finansial melalui DIPA Universitas Airlangga sehingga penelitian ini dapat terselenggara dengan baik.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Airlangga yang telah memberikan kemudahan selama pelaksanaan penelitian ini.
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan semangat dan fasilitas untuk terselenggaranya penelitian ini.
3. Ketua Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Dr. Alfiah Hayati, yang telah memberikan semangat dan fasilitas untuk terselenggaranya penelitian ini.
4. Ketua Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA, yang telah memberikan semangat dan saran atau masukan untuk kelancaran proses penelitian ini.
5. Dr. Ni'matuzahroh atas bimbingan, semangat, saran, dan bantuannya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Staf pengajar Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, terutama Dr. Dwi Winarni; Fatimah S.Si., M.Kes.; Junairiah, S.Si., M.Kes.; Tri Nurhariyati, S.Si., M. Kes. atas dukungannya sehingga penelitian dapat terselesaikan.
7. Manajemen Rumah Makan Padang Sederhana yang telah mengizinkan penulis menggunakan limbahnya untuk penelitian ini dan prasarana yang diberikan sehingga penelitian dapat terselenggara.
8. Tim ITL: Maya Wahyuning Dewanti, Riza Rima Rodini, Trianita Fitri, Desiana Nurul H., Ika Septyarini, Ery Bagus Kusuma, Bakhtiar Vandy Rahmat, Nazar Fahmi, Handito Purwo Aji dan Tim Mikrobiologi: Ragil Siti, Dwi Dyna P., Uswatun Khasanah, Kartika Primasari, Ika Andriyani, Nur Qomariah, dan Ana Masula atas bantuan waktu, tenaga, pikiran, dan semangatnya untuk bergabung di penelitian ini.
9. Karyawan Departemen Biologi atas bantuan fisik dan dukungannya untuk kelancaran pelaksanaan penelitian ini.
10. Seluruh Staf Laboratorium Uji Kualitas Lingkungan BLH Pemerintah Provinsi Jawa Timur atas bantuannya sehingga penelitian ini terselenggara dengan baik.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang turut memberi bantuan baik waktu, tenaga, dan pikiran dalam pelaksanaan penelitian ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sekalian. Pada kesempatan ini, penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai bahan intropeksi untuk pelaksanaan penelitian-penelitian yang mendatang. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia dan dapat diaplikasikan di masyarakat sebagai upaya memecahkan permasalahan keberlanjutan lingkungan.

Surabaya, 31 Oktober 2012

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
SUMMARY	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair Domestik	5
2.2 Dampak Limbah Cair terhadap Lingkungan	11
2.3 Pengolahan Limbah Cair Domestik	12
2.3.1 Prinsip Pengolahan secara Anaerobik-Aerob	14
2.3.2 Prinsip Pengolahan Biofilter Anaerob-Aerob	15
2.4 Biofilm	16
III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	18
3.1 Tujuan Penelitian	18
3.2 Manfaat Penelitian	18
IV. METODE PENELITIAN	19
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
4.1.1 Tempat	19
4.1.2 Waktu	19
4.2 Bahan dan Alat	19
4.2.1 Bahan	19
4.2.2 Alat	20
4.3 Cara Kerja	20
4.3.1 Tahapan Pendahuluan	20
4.3.2 Tahapan Pengambilan Data	23
4.4 Cara Analisis Data	26
4.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	26
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
5.1 Debit Limbah Cair Domestik	27
5.2 Suhu dan pH Limbah Cair Domestik	29
5.3 Komposisi Limbah Cair Domestik	28
5.4 Karakteristik Limbah Cair Domestik	33
5.5 Klasifikasi Tingkat Pencemaran Berdasarkan Kualitas Parameter Air Limbah	38
5.6 Perbandingan Kualitas Air Limbah Domestik	39
5.7 Pengolahan Limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob	39
5.7.1. Pembentukan Biofilm	41
5.7.2. Hasil Pengolahan Limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob	42
5.7.3. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair pada Biofilter Anaerob-Aerob	50
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1 Kesimpulan	53

6.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Kualitas Air Limbah Domestik	10
Tabel 2.2	Kualitas Air Limbah Domestik (<i>Grey Water</i>)	10
Tabel 2.3	Klasifikasi Tingkat Pencemaran dari Limbah Domestik Berdasarkan Beberapa Parameter Kualitas Air	10
Tabel 4.1	Spesifikasi Reaktor Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob	22
Tabel 5.1	Nilai pH Limbah Cair Domestik	31
Tabel 5.2	Komposisi Limbah Cair Domestik	31
Tabel 5.3	Karakteristik Limbah Cair Domestik	33
Tabel 5.4	<i>Total Plate Count</i> (TPC) Limbah Cair Domestik	37
Tabel 5.5	Klasifikasi Tingkat Pencemaran Berdasarkan Beberapa Parameter Kualitas Air Limbah	38
Tabel 5.6	Perbandingan Kualitas Air Limbah Domestik (<i>Grey Water</i>)	39
Tabel 5.7	Hasil Analisis Karakter Limbah setelah Proses Pengolahan di biofilter Anaerob-Aerob	46

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Fluktuasi Debit Air limbah Rumah Tangga	5
Gambar 2.2	Pengelompokan Bahan yang Terkandung di dalam Air Limbah	6
Gambar 4.1	Penampang Bak Pengurai Anaerob	21
Gambar 4.2	Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Biofilter Aerob-Anaerob	21
Gambar 4.3	Susunan Reaktor	22
Gambar 4.4	Titik Pengambilan Sampel	23
Gambar 5.1	Fluktuasi Debit Rata-rata Harian	28
Gambar 5.2	Suhu Rata-rata Harian	30
Gambar 5.3	Nilai TSS hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	43
Gambar 5.4	Nilai Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	43
Gambar 5.5	Nilai Minyak dan Lemak hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	44
Gambar 5.6	Nilai BOD_5 hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	44
Gambar 5.7	Nilai COD hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	45
Gambar 5.8	Nilai KMnO_4 (Bahan Organik) hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob	46
Gambar 5.9	Nilai TSS di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	47
Gambar 5.10	Nilai Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) di Setiap Unit Biofilter Anaerob- Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	48
Gambar 5.11	Nilai Minyak dan Lemak di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	48
Gambar 5.12	Nilai BOD_5 di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	49
Gambar 5.13	Nilai COD di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	49
Gambar 5.14	Nilai KMnO_4 (Bahan Organik) di Setiap Unit Biofilter Anaerob- Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)	50

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul Gambar	Halaman
Lampiran 1.	Debit Limbah Cair Domestik	59
Lampiran 2.	Suhu (° C) dan pH Limbah Cair Domestik	60
Lampiran 3.	Karakteristik Limbah Cair Domestik	61
Lampiran 4.	Hasil Analisis Karakteristik Limbah Cair Domestik setelah Proses di Biofilter Anaerob-Aerob	62
Lampiran 5.	Hasil Analisis Karakteristik Limbah Cair Domestik di Biofilter Anaerob-Aerob pada Pengamatan ke-1	63
Lampiran 6.	SaranA	64
Lampiran 7.	Biodata Peneliti	66

BAB I. PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Setiap aktivitas manusia akan menghasilkan limbah baik dalam bentuk cair maupun padat. Penelitian menunjukkan bahwa persentase limbah terbesar adalah limbah domestik. Di DKI Jakarta misalnya, hampir 75% limbah cair yang dibuang ke badan air, berasal dari limbah domestik. Komposisi yang lain, 15 % adalah limbah komersial dan 10% adalah limbah industri. Sedangkan dilihat dari beban polutan organiknya, 70% dari limbah rumah tangga, 14% dari limbah perkantoran, dan 16% dari limbah industri (Jica, 1990 dalam Said, 2002). Surabaya sebagai kota metropolis, mempunyai komposisi dan karakteristik limbah yang tidak jauh berbeda.

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman (*real estate*), rumah makan (*restauran*), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama (Anonim, 2003). Berdasarkan karakteristiknya, limbah domestik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* yang berasal dari WC dan umumnya ditampung dalam *septictank*, sedangkan yang satunya adalah jenis *grey water* yang berasal dari kegiatan mencuci, mandi dan memasak, yang umumnya langsung dibuang ke saluran drainase maupun perairan umum. Meskipun *grey water* umumnya tersusun atas bahan organik yang mudah terdegradasi, tetapi dengan kuantitas yang semakin meningkat tetap berpotensi mencemari lingkungan apalagi jika dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Dengan demikian tidak hanya limbah industri yang dapat menyebabkan pencemaran, limbah domestik juga dapat menyebabkan pencemaran (Suryo, 2009).

Salah satu sumber limbah cair domestik yang potensial mencemari lingkungan adalah rumah makan padang. Kandungan bahan organik dalam *grey water* yang tinggi dari limbah cair domestik ini, potensial mencemari badan air jika dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Apalagi bisnis rumah makan padang semakin menjamur karena menjanjikan dari segi

ekonomis. Akibatnya kuantitas limbah yang dihasilkan semakin besar, demikian halnya dengan potensinya sebagai sumber pencemaran. Untuk meminimisasi pencemaran dan dampak yang mungkin terjadi, maka seharusnya dilakukan pengolahan limbah limbah cair domestik yang dihasilkan dari rumah makan tersebut. Pengolahan dapat dilakukan dengan sistem *on site* maupun *off site* jika berada di sebuah kawasan komersial.

Selama ini yang menjadi permasalahan adalah biaya yang mahal untuk membuat unit pengolahan limbah. Belum lagi, biaya operasional yang harus dikeluarkan. Oleh karena itu, perlu dipikirkan teknologi yang efektif dengan biaya yang murah. Jika ada alternatif teknologi dengan kriteria tersebut, yaitu efektif untuk mengolah limbah, murah, dan mudah dioperasikan, tentunya pengelola rumah makan tidak ada alasan untuk tidak membangun unit pengolahan limbah dengan sistem *on site*. Meskipun sebenarnya, *sistem off site* dapat dijadikan alternatif mengurangi biaya jika rumah makan terletak di sebuah kawasan komersial.

Unit pengolahan biologis merupakan alternatif utama yang dapat dipilih untuk pengolahan limbah rumah makan. Limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan mudah terurai merupakan medium yang bagus untuk pertumbuhan mikroba. Prinsip dari pengolahan biologis adalah memanfaatkan limbah sebagai sumber nutrisi untuk mikroba. Dalam prosesnya sering dikenal istilah biodegradasi atau degradasi limbah oleh mikroba.

Proses degradasi limbah oleh mikroba dapat berlangsung secara aerobik, secara anaerobik, anoksik atau kombinasinya seperti aerob-anaerob. Mengingat bahwa mikroba di alam, ada yang bersifat aerob maupun anaerob. Di Indonesia, BPPT telah mengembangkan teknologi tepat guna untuk pengolahan air limbah, yaitu biofilter anaerob-aerob bermedia sarang tawon. Penerapan teknologi ini untuk pengolahan limbah cair industri tahu, telah mencapai nilai efisiensi 88,18%-89,40% sehingga outlet hasil pengolahan ini aman untuk dibuang di badan sungai (Pujiastuti, 2009). Aplikasi biofiltrasi juga dilaporkan digunakan pada beberapa limbah cair industri tahu-tempe (BPPT, 1997a), limbah cair rumah sakit (BPPT, 1997b), air buangan industri (Darmawan, 1998). Pengolahan ini juga berpotensi diaplikasikan

dalam pengolahan limbah cair bahan kimia, domestik, bahan makanan, *soft drink*, *landfill leachate* dan industri farmasi (Young, 1991; Rittmann dan McCarty, 2001).

Data BBPT (1997a), menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair industri tahu-tempe menggunakan *packing* dari bahan plastik berbentuk sarang tawon dalam kondisi anaerob-aerob membuktikan penurunan BOD, COD, dan TSS yang cukup signifikan. Akan tetapi, penggunaan *packing* dari bahan plastik mempunyai kelemahan harga yang relatif tinggi (Metcalf dan Eddy, 2003) dan kecenderungan kehilangan padatan biologis lebih besar (Rittmann dan McCarty, 2001).

Beberapa penelitian diatas memperlihatkan bahwa ada beberapa faktor yang berperan dalam efisiensi biofilter anaerob-aerob, yaitu keberadaan bakteri yang potensial untuk mendegradasi limbah. Dalam hal ini adalah kesesuaian antara komposisi limbah dengan jenis bakteri yang berperan dalam proses degradasi, serta media pertumbuhan bakteri.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari biofilter anaerob aerob jika digunakan limbah cair domestik (rumah makan), ada penambahan dan tanpa penambahan bakteri potensial, serta bambu sebagai pengganti sarang tawon untuk media perlekatan bakteri. Pemanfaatan bambu sebagai media biofilter pengganti sarang tawon karena mudah ditemukan di lokasi penelitian sehingga diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dari unit pengolahan limbah domestik ini, jika ternyata nilai efisiensinya tinggi. Dengan berbagai alasan tersebut, maka dilakukan penelitian yang berjudul *Komparasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dengan dan Tanpa Penambahan Konsorsium Bakteri Potensial*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terjadi penurunan nilai COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, $KMNO_4$ pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba di setiap unit pengolahan?

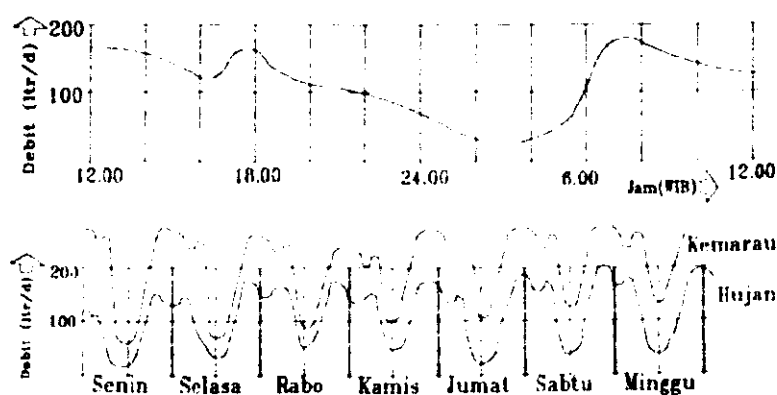
2. Apakah ada perbedaan efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba.
3. Apakah komposisi bakteri potensial mampu tumbuh di media bambu pada unit pengolahan limbah menggunakan proses biofilter anaerob-aerob?

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Anonim, 2003). Sedangkan Metcalf & Eddy (2003) mendefinisikan limbah berdasarkan titik sumbernya sebagai kombinasi cairan hasil buangan rumah tangga (permukiman), instansi perusahaan, pertokoan, dan industri dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.

Menurut Hammer (1986), berdasarkan sumbernya air limbah domestik dapat berasal dari area permukiman, motel dan hotel, sekolah, restoran, rumah sakit, terminal, perkantoran maupun bioskop. Secara prinsip air limbah domestik terbagi menjadi dua kelompok, yaitu air limbah yang terdiri atas air buangan tubuh manusia, berupa tinja dan urine (*black water*) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*), yang sebagian besar merupakan bahan organik (Veenstra, 1995).

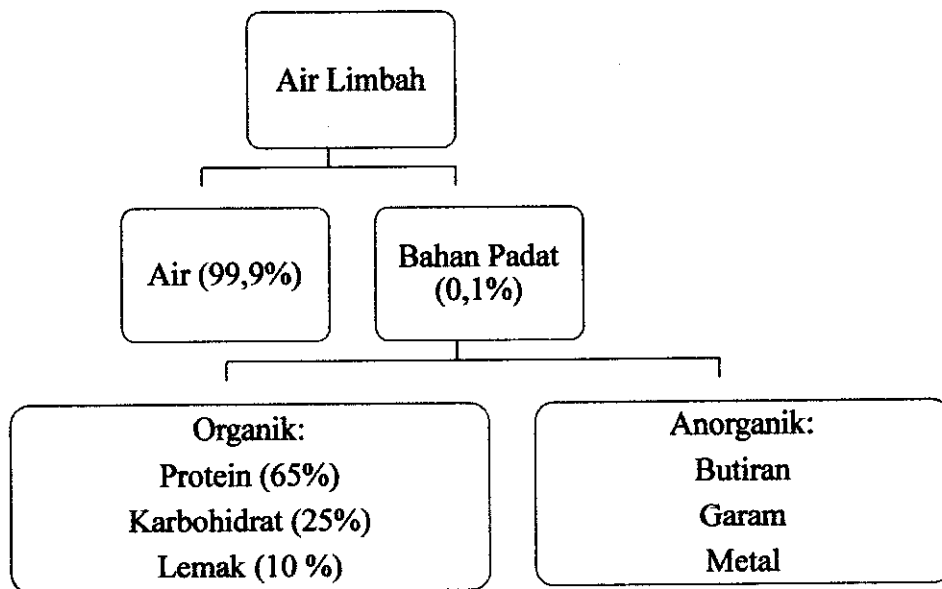


Gambar 2.1 Fluktuasi Debit Air limbah Rumah Tangga
(sumber: Hindarko, 2003)

Debit air limbah yang dihasilkan akan sangat tergantung dengan jenis kegiatan dari setiap sumber air limbah, sehingga fluktuasi harian akan sangat bervariasi untuk setiap kegiatan (Veenstra, 1995). Menurut Hindarko (2003), bahwa fluktuasi harian untuk air limbah

yang berasal dari perumahan juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan panjang jaringan pipa/saluran yang ada. Namun demikian, secara umum akan membentuk pola bahwa debit puncak terjadi 2 (dua) kali, yaitu pada saat pagi dan sore hari, seperti pada Gambar 2.1.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengelompokan Bahan yang Terkandung di dalam Air Limbah
(sumber: Sugiharto, 1987)

Karakteristik air limbah dinyatakan dalam bentuk kondisi alirannya serta kandungan fisik, kimia, dan biologi. Kondisi karakteristik yang terukur dalam setiap liter air limbah, bergantung pada pemakaian air dalam masyarakat, industri, dan komersial. Menurut Lee dan Lin (2000) dan Siregar (2005) karakteristik fisik air limbah domestik, meliputi:

- Temperatur, berupa temperatur ambien
- Kekeruhan (*turbidity*), disebabkan oleh hadirnya bahan tersuspensi seperti padatan air limbah.

- Warna, disebabkan oleh hadirnya bahan organik terlarut (hasil ekstraksi daun-daunan, dan lain-lain). Secara umum tidak membahayakan, kecuali mengurangi nilai estetika kualitas air.
- Bau, disebabkan oleh hadirnya senyawa-senyawa yang mudah menguap, gas terlarut hasil dekomposisi senyawa organik dan merupakan indikasi terjadinya proses dekomposisi air limbah. Bau dapat mengurangi estetika kualitas air.
- Padatan, disebabkan oleh hadirnya padatan terlarut dan tersuspensi, organik maupun anorganik. Merupakan ukuran kekuatan pencemaran air limbah domestik akibat banyaknya padatan organik, lumpur, dan lain-lain.

Karakteristik kimia dari air limbah sangat beragam, sesuai dengan aktivitas yang menghasilkan limbah tersebut. Parameter yang harus memenuhi Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik apabila air limbah tersebut akan dibuang ke badan air adalah:

1. pH, pH limbah cair adalah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair. pH menunjukkan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah adanya gangguan pada proses pengolahan limbah cair (Soeparman dan Suparmin, 2001).
2. *Total Suspended Solid* (TSS) atau padatan tersuspensi, yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat erat dengan tingkat kekeruhan air, semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air akan semakin keruh (Metcalf and Eddy, 2003).
3. *Biological Oxygen Demand* (BOD), merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (Metcalf and Eddy, 2003).

4. Minyak dan Lemak, merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak di dapat di dalam air limbah. Kandungan zat minyak dan lemak dapat ditentukan melalui contoh air limbah dengan heksana. Minyak dan lemak membentuk ester dan alkohol. Lemak tergolong pada bahan organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutupi permukaan air dan dapat merugikan, karena penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang serta lapisan minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara menurun (Sugiharto, 1987).

Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dari asam lemak dan akan terbentuk garam basa (Manik, 2003). Minyak dan lemak dapat mempengaruhi aktifitas mikroba dan merupakan pelapisan permukaan cairan limbah sehingga menghambat proses oksidasi pada kondisi aerobik. Minyak tersebut dapat dihilangkan saat proses netralisasi dengan penambahan NaOH dan membentuk sabun berbusa (*scum*) yang sering mengapung di permukaan dan bercampur dengan benda-benda lain pada permukaan limbah (Naibaho, 1996).

Minyak mengandung senyawa volatil yang mudah menguap dan mengandung sisa minyak yang tidak dapat menguap. Oleh karena minyak tidak dapat larut dalam air, maka sisa minyak akan tetap mengapung di air. Selain itu, karena berat jenisnya lebih kecil dari air, maka minyak tersebut berbentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk dalam air. Pada sebagian lain minyak ini membentuk lumpur dan mengendap yang sulit diuraikan (Ginting, 2007).

Minyak yang menutupi permukaan air akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Selain itu, lapisan minyak juga dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut

dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan rantai makanan di dalam air (Nugroho, 2006).

Untuk daerah dengan aktivitas yang sangat beragam dan padat seperti DKI Jakarta, parameter lain yang wajib dianalisis adalah:

1. Amonia

Salah satu kandungan limbah cair adalah amoniak, yaitu senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah. Keasaman air (pH) sangat mempengaruhi apakah jumlah amoniak yang ada akan bersifat racun atau tidak. Jika limbah cair dibuang ke badan air, maka konsentrasi amoniak harus selalu terkendali atau dibatasi karena akan mempengaruhi ketersediaan oksigen. Amoniak dapat menyebabkan kekurangan oksigen pada air. Jika kadar oksigen terlarut dalam cairan menurun, maka dapat menyebabkan organisme tidak dapat hidup di perairan. Kadar amoniak yang tinggi menandakan adanya pencemaran pada air buangan.

2. KMnO_4

Zat organik dalam air limbah dalam bentuk protein, karbohidrat, minyak dan lemak. Zat organik merupakan makanan mikroorganisme yang menyebabkan pesatnya pertumbuhan, tetapi jika di unit pengolahan air atau badan air justru juga sebagai indikator adanya pencemaran sebab membuat air menjadi berwarna, memberikan rasa, dan bau yang tak sedap. Adanya zat organik di dalam limbah dapat dideteksi dengan pengukuran kalium permanganat (KMnO_4) karena nilai permanganat adalah jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1000 ml air pada kondisi mendidih (Sawyer *et al.*, 2003). Biasanya senyawa organik dalam air hadir dalam bentuk senyawa terlarut. Peningkatan konsentrasi senyawa organik akan berpengaruh pada peningkatan konsentrasi partikel terlarut (TDS) (Rahadi dan Kardena, tanpa tahun).

Ketentuan tersebut, diatur dalam Peraturan Gubernur Propinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik di DKI Jakarta.

Karakteristik yang juga harus diperhatikan adalah karakteristik biologis. Air limbah domestik mengandung bakteri dalam jumlah yang sangat besar (mencapai 20 juta/ml, bahkan lebih) yang berasal dari tubuh manusia dan bahan lain dalam air. Beberapa bakteri yang berasal dari tubuh manusia bersifat patogen, namun jumlahnya kecil dibandingkan dengan total populasi mikroba. Variasi jumlah bakteri patogen sangat tergantung ada tidaknya endemik penyakit di masyarakat (Manahan, 2005).

Menurut Hammer (1986), kualitas air limbah dari setiap kegiatan dapat bervariasi, namun rata-rata kualitas air limbah domestik seperti di Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kualitas Air Limbah Domestik

Parameter	Kadar
• MLSS	240 mg/L
• Total N	35 mg/L
• MLVSS	180 mg/L
• Total P	10 mg/L
• BOD	200 mg/L

Sedangkan air limbah domestik jenis *grey water* yang dibuang tanpa diolah, menurut Veenstra (1995), mempunyai karakteristik seperti di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kualitas Air Limbah Domestik (*Grey Water*)

Parameter	Kadar
• BOD ₅ ²⁰	110 – 400 mg/L
• COD	150 – 600 mg/L
• TSS	350 – 750 mg/L
Tidak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan bahan kimia toksik	

Air limbah domestik dapat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah, seperti di Tabel 2.3 (Rump dan Krist, 1992 dalam Effendi, 2003).

Tabel 2.3 Klasifikasi Tingkat Pencemaran dari Limbah Domestik Berdasarkan Beberapa Parameter Kualitas Air

No.	Parameter	Tingkat Pencemaran		
		Berat	Sedang	Ringan
1.	Padatan total (mg/L)	1000	500	200

Lanjutan Tabel 2.3

2.	Bahan padatan terendapkan (ml/L)	12	8	4
3.	BOD (mg/L)	300	200	100
4.	COD (mg/L)	800	600	400
5.	Nitrogen total (mg/L)	85	50	25
6.	Amonia-nitrogen (mg/L)	30	30	15
7.	Klorida (mg/L)	175	100	15
8.	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)	200	100	50
9.	Minyak dan Lemak	40	20	0

2.2 Dampak Limbah Cair terhadap Lingkungan

Limbah cair domestik menghasilkan senyawa organik berupa protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat yang dapat menurunkan kualitas air. Selain itu, mengandung padatan terlarut yang tinggi sehingga menimbulkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi cahaya matahari bagi biota fotosintetik, sehingga limbah cair domestik merupakan limbah yang paling dominan mencemari perairan selain limbah industri (Fakhrizal, 2004).

Limbah cair secara umum menimbulkan dampak terhadap lingkungan, seperti:

- Merusak estetika (akibat kekeruhan, warna, dan bau).

Limbah cair akan mengalami dekomposisi secara alami di badan-badan perairan dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tersebut dihasilkan pada proses penguraian senyawa mengandung nitrogen, sulfur, dan fosfor dari bahan berprotein (Manahan, 2005; Zaitun, 1999; Hanifah dkk., 1999)

- Mengganggu ekologi badan air (akibat konsumsi oksigen terlarut oleh bahan organik *biodegradable*; kandungan bahan toksik; nutrien; dan lain-lain).
- Mengganggu kesehatan, akibat kandungan bahan toksik, logam berat, dan bakteri patogen (Manahan, 2005).

Kasus pencemaran air oleh limbah domestik di Indonesia mempunyai peluang yang cukup besar. Mengingat pengolahan limbah secara *on-site* di skala rumah tangga, jarang dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Harmayani dan Konshukarta (2007), menunjukkan

bahwa air tanah di kawasan Banjar Ubung Sari Bali, tercemar oleh bakteri *E. coli* dan Coliform yang berasal dari pembuangan tinja dan air seni yang tidak terkontrol.

Pencemaran oleh limbah domestik dikarenakan satu-satunya pengolahan yang biasa diterapkan pada skala rumah tangga adalah dengan tanki septik untuk tinja. Sedangkan limbah cair berupa *grey water* (limbah dari hasil cucian piring, cucian baju, mandi, tidak termasuk air toilet seringkali langsung dibuang ke saluran limbah rumah (Lita, 2008). Selanjutnya limbah masuk ke drainase yang biasa dikenal dengan istilah got. Limbah tersebut akan menuju badan air terdekat dan akan menimbulkan pencemaran.

2.3 Pengolahan Limbah Cair Domestik

Pengolahan limbah cair bertujuan adalah untuk menurunkan kadar BOD, COD, zat-zat tersuspensi, organisme-organisme patogen dan untuk menghilangkan atau untuk mengurangi nutrien bahan-bahan beracun zat terlarut serta zat lainnya yang sukar dibiodegradasi sehingga mengurangi dampak pencemaran.

Berdasarkan karakteristik limbah, secara umum metode pengolahan yang dikembangkan dapat digolongkan menjadi 3 jenis pengolahan, yaitu:

1. Pengolahan secara fisika, misalnya dengan filtrasi, evaporasi, skrining, sentrifugasi, flotasi, dan *reverse-osmosis*.
2. Pengolahan secara kimia, misalnya dengan koagulasi, *ion-exchange* resin, klorinasi, dan ozonisasi.
3. Pengolahan secara biologis, misalnya dengan lumpur aktif, *trickling filter*, kolam oksidasi, fermentasi metan, dekomposisi materi-toksik, denitrifikasi.

Dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik seperti limbah domestik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme atau metabolisme sel untuk menguraikan senyawa tersebut. Pada dasarnya cara biologis adalah pemutusan molekul kompleks menjadi molekul sederhana.

Proses ini sangat peka terhadap faktor suhu, pH, *dissolved oxygen* (DO), dan zat-zat inhibitor terutama zat-zat beracun. Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa (Ritmann dan McCarty, 2001).

Berdasarkan keadaan agregat biakan mikroorganisme dalam medium cair, secara garis besar pengolahan limbah cair dapat dibedakan atas biakan tersuspensi (*suspended culture*) dan biakan melekat (*attached culture*). Pada sistem dengan biakan tersuspensi, kultur mikroba dibiakkan secara tersuspensi di seluruh volume limbah cair. Sedangkan pada sistem dengan biakan melekat (biofilter), kultur mikroba dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme yang terlibat melekat atau membentuk lapisan tipis (biofilm) pada permukaan media padat (Metcalf and Eddy, 2003).

Berdasarkan posisi media biofilter dalam bioreaktor, pada ada 3 macam proses pertumbuhan melekat proses pengolahan limbah secara biologis, yaitu:

1. Proses pertumbuhan melekat dengan biakan tidak terendam (*non-submerged*), yaitu media biakan tidak terendam dalam *bulk* cairan. Unit proses yang masuk ke dalam kelompok ini diantaranya *trickling filter* (Metcalf and Eddy, 2003).
2. Proses pertumbuhan tersuspensi dengan *packing* film tetap (*suspended growth process with fixed-film packing*), pada dasarnya adalah proses pengolahan dengan biakan tersuspensi seperti sistem lumpur aktif. Akan tetapi, penggunaan jenis bahan *packing* yang tersuspensi ke dalam tangki menyebabkan mikroorganisme yang terlibat melekat pada bahan *packing* tersebut (Metcalf and Eddy, 2003). Contohnya: *Rotating Biological Contactor* (RBC), yang terdiri atas cakram berbentuk lingkaran yang terbuat dari bahan *polysterene* atau *polyvyne chloride* yang dipasang secara vertikal dengan menghubungkan satu sama lain dengan sumbu (Marsono, 1996; WEF, 2000). Seluruh rancangan tersebut ditempatkan ke dalam suatu tangki dengan posisi cakram kira-kira 40 persen di dalam tank yang berisi air limbah dan perputaran cakram diatur sangat lambat, yaitu 1-1,6 revolusi per menit (Agung, Tanpa tahun). Mikroorganisme ditumbuhkan pada permukaan cakram dan perputaran cakram

tersebut membawa seluruh mikroorganisme kontak dengan air limbah dan membiarkan mikroorganisme mengurangi bahan organik tersebut (Grady and Lim, 1980).

3. Proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam (*submerged*), dimana media biakan terendam sepenuhnya dalam bulk cairan. Unit proses yang termasuk ke dalam kelompok ini diantaranya: reaktor biologis *upflow* dan *downflow*, *fluidized bed*, *upflow anaerobic sludge blanket* (USAB) (Metcalf and Eddy, 2003).

Dari ketiga jenis sistem biofilter tersebut, proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam merupakan metode pengolahan limbah cair yang relatif baru khususnya dalam pengolahan biologis anaerobik (Husin, 2008). Aplikasi proses ini pertama kali dikemukakan oleh Young and McCarty di tahun 1963 (Ritman and McCarty, 2001; Bal and Dhagat, 2001; Metcalf and Eddy, 2003).

2.3.1 Prinsip Pengolahan secara Anaerobik-Aerob

Eckenfelder (1989) dan Tobing (1989), menyebutkan bahwa untuk limbah cair pekat dengan kandungan $BOD_5 > 1000$ mg/l metode yang cocok untuk pengolahan yang lebih layak adalah dekomposisi anaerob. Dalam proses anaerob, senyawa-senyawa organik kompleks (protein, karbohidrat, dan minyak/lemak) berantai panjang awalnya didegradasi menjadi lemak dan asam amino sederhana dan berantai pendek serta sejumlah kecil gas hidrogen (Parkin dan Owen, 1986; Ridlo, 1996; Metcalf and Eddy, 2003). Selanjutnya asam-asam organik dan asam-asam amino sederhana diuraikan lebih lanjut menjadi gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan sejumlah kecil H_2 , hidrogen sulfida (H_2S), dan nitrogen serta biomassa (Balch *et al.*, 1977; Speece, 1983).

Biodegradasi senyawa-senyawa organik kompleks dalam limbah cair secara anaerob atau disebut juga proses destabilisasi (Tobing dan Loebis, 1994) dapat menghasilkan produk intermediet berupa asam lemak volatil, asam amino sederhana seperti asam asetat, asam propionat, butirrat, glicin, leusin, dan lain-lain. Pada awal proses degradasi anaerob, oleh karena terjadi pembentukan asam-asam organik, maka pH limbah mengalami penurunan. Setelah tahap

ini berakhir, akan terjadi fermentasi, yaitu asam-asam organik dipecah sehingga pH akan mengalami kenaikan. Proses ini mulai terjadi setelah operasi berlangsung kurang lebih 2 hari (Andrew *et al.*, 1962).

Sebaliknya, pengolahan aerob digunakan untuk air limbah dengan BOD yang tidak terlalu besar. Di lain pihak, pengolahan anaerob dapat meningkatkan kandungan fosfat dan nitrat dalam air limbah tetapi proses aerob dapat menurunkan kandungan fosfat dan nitrat. Gabungan dari kedua jenis pengolahan ini dapat meningkatkan kualitas efluen (Herlambang, 2002). Pada proses aerobik, kandungan amonia dalam air limbah dapat diubah menjadi nitrit dan nitrat. Sedangkan gas H_2S dari proses anaerob yang sangat berbau akan diubah menjadi sulfat sehingga meningkatkan kualitas fisik dari efluen (Said, 2002).

2.3.2 Prinsip Pengolahan Biofilter Anaerob-Aerob

Biofilter anaerob-aerob merupakan sebuah inovasi unit pengolahan air limbah yang menggabungkan konsep pengolahan anaerob dan aerob dengan menggunakan media untuk tempat bertumbuhnya bakteri pendegradasi limbah (Sutiyono dan Rahayu, 2002). Sedangkan Gašpariková *et al.* (2005) berpendapat bahwa anaerob bersekat-aerob, mampu membuat air limbah mengalir lebih lambat sehingga memberi kesempatan bakteri mendegradasi air limbah.

Pengolahan biofilter ini dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang di dalamnya ada media penyangga untuk perkembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa pemberian udara. Senyawa pencemar yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, TSS, COD), ammonia, fosfor, dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan biofilm. Lapisan biofilm merupakan lapisan yang melekat pada media biofilter. Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerob, sedangkan bagian dalam medium berada dalam kondisi anaerob (Herlambang, 2002).

Gašpariková *et al.* (2005) menyatakan bahwa pengolahan anerob bersekat-aerob mampu mengolah air limbah dengan efisien. Keberadaan sekat pada reaktor memungkinkan aliran air

lebih lambat sehingga memberi waktu lebih lama pada bakteri untuk mengolah bahan organik. Media sarang tawon pada proses pengolahan secara anaerob-aerob yang dikembangkan oleh BPPT mempunyai kemampuan menurunkan parameter-parameter yang tercantum dalam baku mutu limbah domestik (Said, 2002).

2.4 Biofilm

Biofilm atau biofilter pada dasarnya adalah sekumpulan agregat mikroorganisme atau produk polimer ekstraselluler yang melekat pada permukaan padatan dan atau bahan *inert* dalam lingkungan berair (Marshall, 1992; Behrendt, 2000; Rittman and McCarty, 2001) atau tergantung dengan antar muka (Davey dan O'toole, 2000). Menurut Costerton *et al.* (1985) populasi bakteri pada lingkungan berair paling banyak dijumpai dalam keadaan agregat yang dapat membentuk biofilm daripada keadaan planktonik (bebas). Bakteri dalam keadaan planktonik bertindak sebagai suatu individu sehingga tidak mampu bersaing untuk mendapatkan ruang, oksigen, dan faktor lainnya. Hal ini menyebabkan bakteri dalam keadaan planktonik mempunyai tingkat kepadatan yang rendah. Dalam keadaan agregat dan molekul, bakteri mampu mendapatkan nutrisi lebih banyak.

Mekanisme pembentukan biofilm dimulai ketika sel melekat ke permukaan sel lainnya dan atau bahan *inert*. Beberapa faktor yang berperan dalam proses pelekatan sel pada permukaan suatu media adalah transportasi sel, adsorpsi *reversible*, adhesi *irreversible*, dan penggandaan sel (Schmidt dan Ahring, 1996). Proses pelekatan sel bakteri dimulai dengan pembentukan butiran perintis (agregat bakteri yang kecil) yang cenderung tercuci (*washout*) dari reaktor dan kemudian tumbuh menjadi butiran-butiran mikroorganisme (Callander dan Barford, 1983). Pada awal pelekatannya, bakteri tertarik pada permukaan, namun tidak langsung melekat erat dan bakteri melakukan gerak Brown (acak) serta dapat lepas kembali. Setelah menyesuaikan diri dengan permukaan, bakteri selanjutnya melekat erat pada permukaan. Kecepatan pelekatan bakteri berbeda-beda tergantung pada struktur dan daya

rekatnya. Beberapa bakteri seperti substansi polimer ekstra sellular dan fimbriae memiliki struktur dan daya rekat yang kuat sehingga dengan cepat akan melekat erat pada permukaan media. Akan tetapi ada pula bakteri yang membutuhkan waktu kontak yang lama agar dapat melekat erat pada permukaan media (Marshall, 1992).

Hampir seluruh bakteri dalam air limbah domestik berkaitan dengan proses biodegradasi bahan organik. Dengan demikian komposisi kimia air limbah domestik akan berubah terus menerus selama proses stabilisasi berlangsung. Konsentrasi beberapa senyawa dalam air limbah akan berubah dengan waktu (Manahan, 2005).

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan penurunan nilai COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, $KMNO_4$ pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba.
2. Mengetahui komparasi efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba.
3. Mengetahui apakah komposisi bakteri potensial mampu tumbuh di media bambu pada unit pengolahan limbah menggunakan proses biofilter anaerob-aerob.

3.2 Manfaat Penelitian

1. Optimalisasi instalasi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob.
2. Menentukan upaya untuk mengatasi pencemaran lingkungan sekitar oleh limbah cair domestik, meliputi: air tanah, tanah, air permukaan, dan lain-lain.
3. Alternatif pengolahan limbah domestik skala kecil yang murah dan mempunyai efisiensi tinggi.
4. Membuat model pembelajaran bagi mahasiswa S1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan dan S1 Biologi untuk mengaplikasikan secara langsung teknologi pengolahan limbah cair (*Research Based Learning*).

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

4.1.1 Tempat

Sampling limbah cair domestik dilakukan di bak penampung limbah Rumah Makan Padang Sederhana, Jl Kertajaya Indah 100 Surabaya Jawa Timur. Sedangkan analisis dilakukan di Laboratorium Basah, Lingkungan, dan Mikrobiologi Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dan Laboratorium Uji Kualitas Lingkungan BLH Propinsi Jatim, Wisata Menanggal No. 38 Surabaya.

4.1.2 Waktu

Penelitian dilakukan selama delapan bulan, mulai Maret sampai dengan Oktober 2012. Penelitian akan dilaksanakan selama lima bulan. Penelitian terdiri atas tahap pendahuluan, pengambilan data, dan pengolahan data hasil penelitian. Sampling dilakukan pada jam puncak berdasarkan studi debit influen yang masuk ke area penampungan limbah cair, yaitu pukul 13.00-15.00 WIB sebanyak ± 40 liter per hari sesuai dengan volume yang dihasilkan oleh sumber limbah.

4.2 Bahan dan Alat

4.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akrilik, bambu, kran, pipa PVC limbah cair domestik, lem, selotip, pH indikator, dan biotri yang merupakan sumber bakteri potensial pengurai limbah domestik.

4.2.2. Alat

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, pipet volumetrik, pipet ukur, erlenmeyer, tutup erlenmeyer, gelas piala, timbangan analitik ketelitian 0,1 mg, pompa air, aerator, pH meter, gelas piala, tabung reaksi, tutup tabung reaksi, botol semprot, botol plastik, pengaduk *glass*, botol gelas, botol steril, *stopwatch*, meteran, *cool box*, rafia, *water sampler*, lemari es, dan termometer raksa.

4.3 Cara Kerja

4.3.1. Tahapan Pendahuluan

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini, meliputi:

1. Pengukuran debit limbah cair domestik

Pengukuran dilakukan dengan metode bendung, yaitu dengan menentukan waktu yang diperlukan untuk mengisi botol bervolume 1 liter (Sosrodarsono dkk., 2006). Pengukuran debit dilakukan selama delapan hari berurutan sehingga dapat diketahui debit rata-rata dan jam puncaknya. Dengan demikian dapat ditentukan waktu sampling.

2. Karakterisasi Limbah Cair Domestik

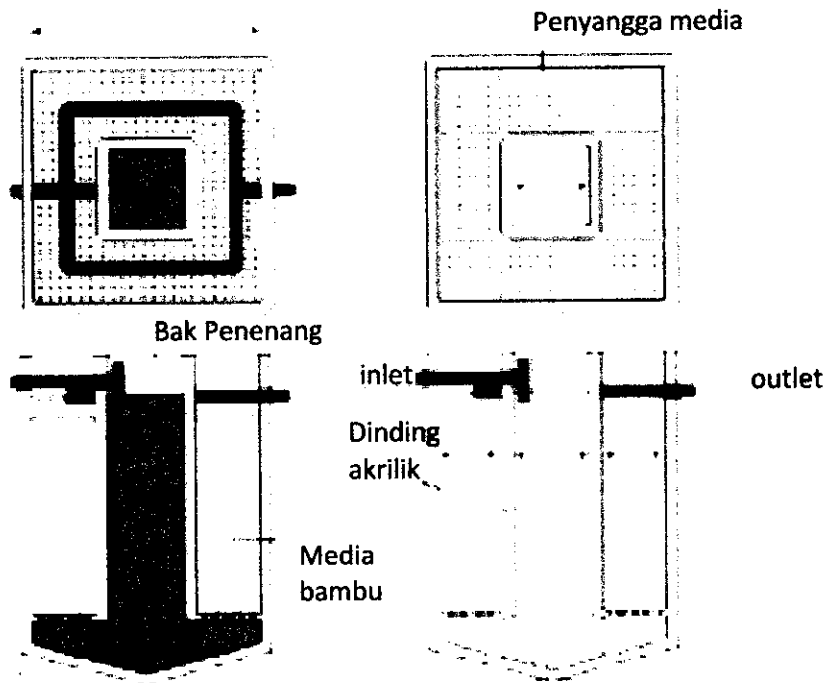
Karakterisasi limbah cair domestik yang belum diolah dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal limbah sehingga dapat diketahui besar penurunan nilai dari parameter yang diukur setelah dilakukan pengolahan. Limbah cair yang diolah adalah limbah dapur yang dihasilkan oleh kegiatan Restoran Sederhana Rumah Makan Padang.

3. Pembuatan Reaktor Biofilter Anaerob-Aerob dan Media Perlekatan

Desain reaktor mengadopsi rancang bangun dari BPPT. Dilakukan modifikasi pada media biofilter yang digunakan, yaitu menggunakan bambu yang disusun bertingkat menyerupai sarang tawon (Gambar 4.1).

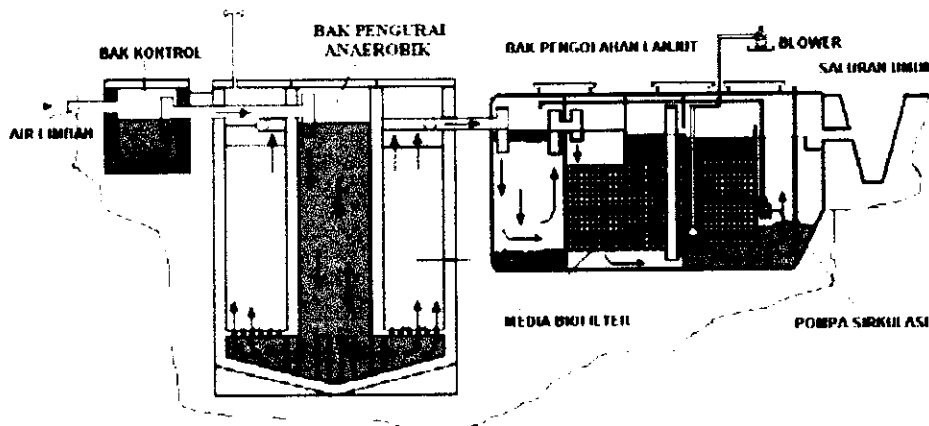
Reaktor secara garis besar terdiri atas bak pengendap/pengurai anaerob dan unit pengolahan lanjut dengan sistem biofilter anaerob-aerob (Gambar 4.2). Unit pengolahan

lanjut dibagi menjadi beberapa zona, yaitu: pengendapan awal, biofilter anaerob, biofilter aerob, dan pengendapan akhir. Susunan reaktor seperti di Gambar 3.3. Dalam prosesnya, air limbah yang ada di zona pengendapan akhir sebagian disirkulasi ke zona aerob dengan menggunakan pompa sirkulasi. Spesifikasi bioreaktor dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Penampang Bak Pengurai Anaerob

(sumber: Said, 2002 diunduh di www.google.com tanggal 26 Juli 2011, keterangan gambar disesuaikan dengan rancangan penelitian)



Gambar 4.2 Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Biofilter Aerob-Anaerob
(sumber: Said, 2002 diunduh di www.google.com tanggal 26 Juli 2011)



Gambar 4.3 Susunan Reaktor

Tabel 4.1 Spesifikasi Reaktor Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Proses Biofilter Anaerob-Aerob

No.	Unit	Spesifikasi Teknis
1.	Reaktor: a. Bak Kontrol	Bahan : Drum Dimensi : 10 cm x 10 cm x 50 cm Tinggi Air : 9 cm
	b. Bak Pengurai Anaerob	Bahan : Akrilik Dimensi : Panjang : 40 cm Lebar : 40 cm Tinggi Air : 22 cm
	c. Bak Pengolahan Lanjut, terbagi menjadi: 1) Ruang pengendapan awal 2) Dua buah ruang biofilter aerob 3) Ruang biofilter anaerob 4) Ruang pengendapan akhir	Bahan : Akrilik Dimensi : Panjang : 62 cm Lebar : 20 cm Tinggi Air : 38 cm
4.	Media Biofilter	Bahan : Bambu Warna : Kecoklatan Diameter lubang : 1 cm Panjang : 10 cm

4. Proses *Seeding* dan Aklimatisasi

Kegiatan dilakukan agar konsorsium bakteri potensial tumbuh pada media perlekatan (*attachmet growth*) sehingga reaktor siap digunakan. Konsorsium bakteri potensial yang digunakan, dicampur dengan sampel limbah cair domestik yang akan diolah dan didiamkan sampai bakteri mulai tumbuh di media perlekatan. Konsentrasi yang digunakan adalah 37,5

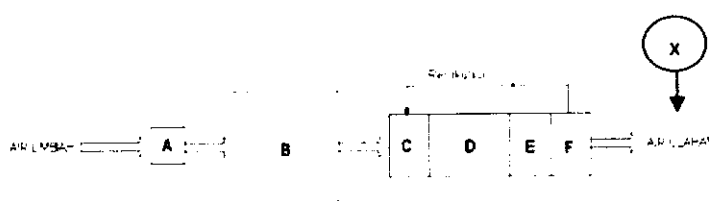
ml konsentrat/1 L air limbah atau 0,0375 ml konsentrat/1 m³ air limbah. Bakteri mulai tumbuh pada media perlekatan selama lebih kurang 2 minggu (Suryo, 2009).

4.3.2. Tahapan Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan beberapa kegiatan sampling dan analisis, meliputi:

1. Pengambilan Sampel

Untuk mengetahui komparasi efisiensi dari pengolahan dengan atau tanpa penambahan konsorsium bakteri potensial, pengambilan sampel dilakukan di outlet reaktor. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sampel limbah cair dimasukkan ke dalam botol yang terpisah sesuai dengan parameter yang akan diuji. Banyaknya sampel yang disimpan, jenis wadah, dan pengawetan sampel, sesuai dengan metode dalam *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater* (Clesceri *et al.*, 1998). Sebelum digunakan untuk menyimpan sampel, wadah dibilas dulu dengan sampel yang diambil (Hadi, 2007). Untuk penyimpanan selama dilokasi sampling, sampel disimpan dalam *cool box*.



Gambar 4.4 Titik Pengambilan Sampel

Keterangan:

- x = lokasi pengambilan sampel
- A = bak kontrol
- B = bak pengurai anaerob
- C = bak pengendap awal
- D = bak biofilter tercelup anoksik
- E = bak pengendap akhir

2. Analisis temperatur

Temperatur diukur untuk memastikan bahwa temperatur limbah dalam keadaan normal sehingga proses pengolahan limbah cair secara biologis dapat berjalan baik. Metode pengukurannya sesuai dengan SNI 06-6989.23-2005 (Anonim, 2005).

3. pH

pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam limbah cair yang diuji. Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH indikator.

4. Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran COD secara luas digunakan sebagai alat untuk mengukur kekuatan pencemar buangan domestik maupun buangan Industri. Konsep pengujian adalah dengan menggunakan pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ sebagai sumber oksigen. Banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan setara dengan konsentrasi zat organik yang ada dalam 1 Liter sampel limbah yang dianalisis (Said, 2002). Metode analisis yang digunakan, yaitu metode dengan refluks tertutup secara titimetri berdasarkan Standard. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 5220 C (Clesceri *et al.*, 2005).

5. Analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pengukuran BOD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi hampir semua senyawa organik yang terlarut dan sebagian senyawa organik yang tersuspensi dalam air. Metode yang digunakan adalah titimetri sesuai SNI 6989.72-2009 (Anonim, 2009).

6. Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)

Analisis TSS bertujuan untuk mengetahui jumlah padatan yang tersuspensi di dalam air. Keberadaan TSS sangat mengganggu biota aquatik karena penetrasi sinar matahari ke dasar sungai terhambat (Alaerts, 1984). Metode penetapan TSS yang digunakan adalah gravimetri sesuai Standard Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 2540-D (Clesceri *et al.*, 2005).

7. Amonia

Amonia total diukur dengan metode spektrofotometer secara fenat sesuai dengan SNI 06-6989.30-2005 (Anonim, 2005). Produksi amonia bebas tergantung pH. Semakin tinggi produksi akan meningkat. Keberadaan amonia akan menambah waktu tinggal partikel padat (Bhattacharya dan Parkin, 1989 dalam Said, 2002).

8. Minyak dan Lemak

Minyak yang terdapat dalam limbah cair domestik biasanya terdapat dalam sisa sabun mandi atau limbah masakan dapur. Pada penelitian ini, metode pengujian yang digunakan adalah pengujian secara gravimetri US EPA 1664 Th. 1999 (Anonim, 1999).

9. Kalium Permanganat ($KMnO_4$)

Pada limbah cair domestik yang biasanya mengandung bahan organik yang cukup tinggi, kalium permanganat biasanya ada dalam jumlah yang cukup tinggi juga. Kandungan kalium permanganat diuji secara titimetri berdasarkan SNI 06-6989.22-2004 (Anonim, 2004).

10. Total Plate Count (TPC)

Plate count / viable count didasarkan pada asumsi bahwa setiap sel mikroorganisme hidup dalam suspensi akan tumbuh menjadi satu koloni setelah ditumbuhkan dalam media pertumbuhan dan lingkungan yang sesuai. Setelah diinkubasi, jumlah koloni yang tumbuh dihitung dan merupakan perkiraan atau dugaan dari jumlah mikroorganisme dalam suspensi tersebut. Koloni yang tumbuh tidak selalu berasal dari satu sel mikroorganisme karena beberapa mikroorganisme tertentu cenderung membentuk kelompok atau berantai. Berdasarkan hal tersebut digunakan istilah *Coloni Forming Units (CFU's)* per ml. Koloni yang tumbuh berasal dari suspensi yang diperoleh menggunakan pengenceran bertingkat dari sampel limbah yang ingin diketahui jumlah bakterinya. TPC diuji berdasarkan metode dalam SNI 2897:2008 (Anonim, 2008).

4.4 Cara Analisis Data

Data yang diperoleh pada tahap pengambilan data, selanjutnya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Model analisis yang dilakukan adalah statistik deskriptif sehingga dapat diperoleh gambaran teratur tentang persentase penurunan nilai dari setiap parameter yang terukur berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh, baik pada reaktor dengan atau tanpa penambahan konsorsium bakteri potensial.

Berdasarkan data tersebut, selanjutnya dihitung persen efisiensi dan dilakukan komparasi dari kedua perlakuan, yaitu reaktor dengan dan tanpa penambahan konsorsium bakteri potensial.

$$\text{Nilai efisiensi} = [(\text{inlet}-\text{outlet})/\text{inlet}] \times 100\%$$

4.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan/Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Persiapan dan konsolidasi tim								
2. Tahap Pendahuluan								
3. Tahap Pengambilan Data								
4. Tahap Analisis Data								
5. Penyusunan Laporan								
6. Publikasi								
7. Seminar Akhir								
8. Perbaikan laporan								

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

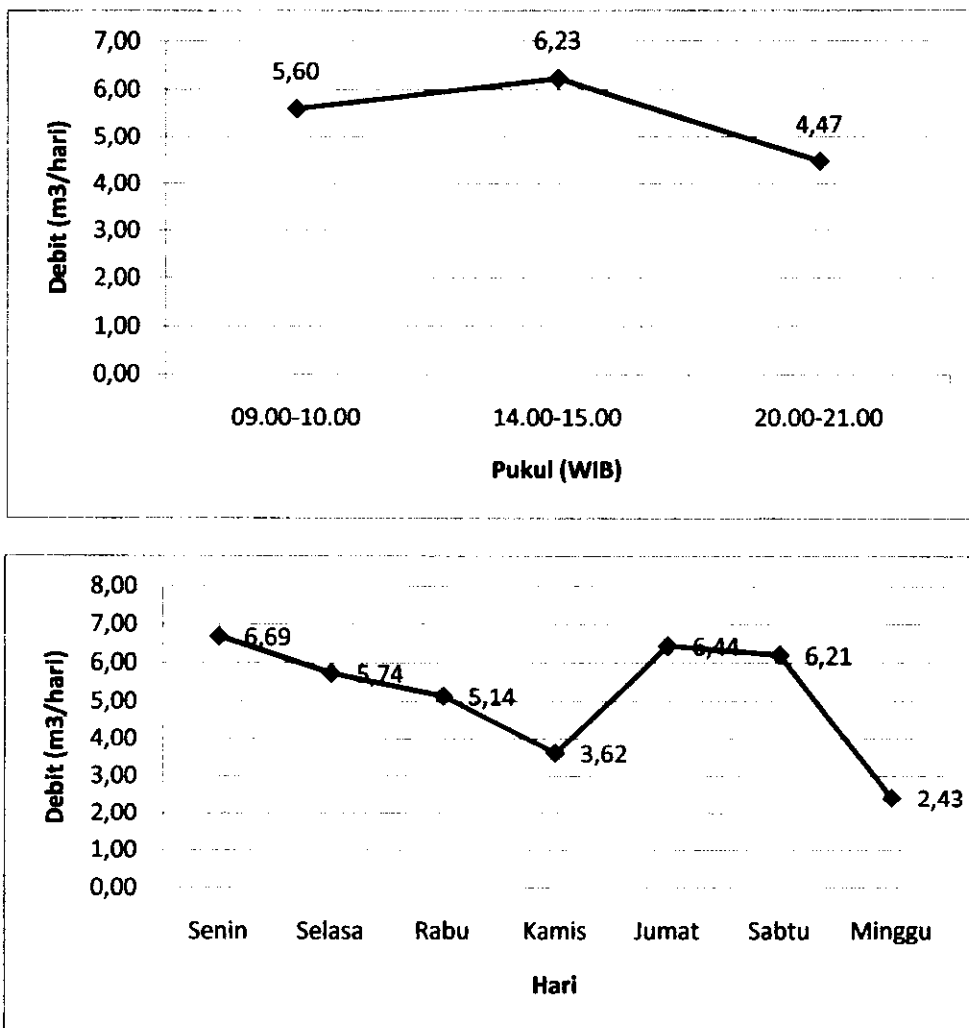
5.1. Debit Limbah Cair Domestik

Pengukuran debit limbah cair domestik dilakukan di inlet bak penampung limbah. Bak ini hanya menampung *grey water* yang berasal dari kegiatan mencuci peralatan dapur dan memasak. Berdasarkan hasil pengamatan, debit yang masuk berfluktuasi. Pada waktu tertentu, di saat tamu yang datang dalam jumlah cukup banyak, debit yang terukur adalah 0 m³/hari sebab tidak ada aktivitas mencuci ataupun memasak. Oleh karena itu, pengukuran debit dilakukan sebanyak 3 periode/hari selama delapan hari pengukuran. Periode waktunya, yaitu: pada pukul 09.00-10.00, 14.00-15.00, dan 20.00-21.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut juga berdasarkan waktu operasional rumah makan yang dimulai pada pukul 08.30-22.00 WIB.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa debit total rata-rata pemakaian air untuk rumah makan ini sebesar 5,45 m³/hari. Sedangkan debit tertinggi dan terendah sebesar 6,23 m³/hari dan 4,47 m³/hari. Debit tertinggi terjadi pada pukul 14.00-15.00 WIB karena jumlah tamu mencapai puncak pada waktu makan siang, sehingga setelahnya pemakaian air untuk aktivitas mencuci juga mencapai puncak. Hal tersebut berpengaruh terhadap debit inlet bak penampung. Untuk debit terendah terjadi pada pukul 20.00-21.00 WIB, yaitu satu jam menjelang rumah makan tutup. Pada periode pengukuran yang ketiga ini, terlihat bahwa debit yang terukur lebih rendah dibandingkan periode pertama yang pengukurannya dilakukan pada pukul 09.00-10.00 WIB. Kondisi tersebut dikarenakan pada malam hari sudah tidak dilakukan aktivitas memasak, sebaliknya pada pagi hari ada aktivitas memasak sehingga debit yang terukur lebih tinggi meskipun jumlah tamu belum sebanyak di malam hari.

Untuk debit harian, nilai tertinggi sebesar 6,69 m³/hari yang terukur pada hari Senin. Sebaliknya, pada hari Minggu debit yang terukur adalah 2,43 m³/hari yang merupakan debit terendah. Nilai tersebut dipengaruhi oleh rutinitas aktivitas di rumah makan. Aktivitas mencuci dan berkegiatan dapur lainnya, praktis hampir berhenti apabila tamu yang datang dalam jumlah

banyak sebab seluruh kegiatan difokuskan terhadap pelayanan (menjamu tamu). Berdasarkan pengamatan, jumlah tamu yang datang pada hari Minggu lebih banyak dibandingkan hari yang lain. Dengan demikian, terlihat adanya korelasi antara jumlah pengunjung dan debit yang dihasilkan. Keadaan tersebut, juga diperlihatkan oleh debit yang terukur di hari Senin. Aktivitas mencuci dan dapur lebih tinggi sehingga debit yang terukur merupakan nilai tertinggi dalam 1 minggu pengukuran.



Gambar 5.1 Fluktuasi Debit Rata-rata Harian

Dengan demikian terbukti bahwa debit air limbah yang dihasilkan akan sangat tergantung dengan jenis kegiatan dari setiap sumber air limbah, sehingga fluktuasi harian akan sangat bervariasi untuk setiap kegiatan (Veenstra, 1995). Data debit dapat dilihat di Gambar 5.1.

Fluktuasi debit yang terlihat di Gambar 5.1 tersebut menunjukkan fenomena yang sama dengan penelitian Hindarko (2003). Jika pada penelitian Hindarko (2003) fluktuasi harian untuk air limbah yang berasal dari perumahan dipengaruhi oleh jumlah penduduk, maka di penelitian ini dipengaruhi oleh jumlah tamu rumah makan.

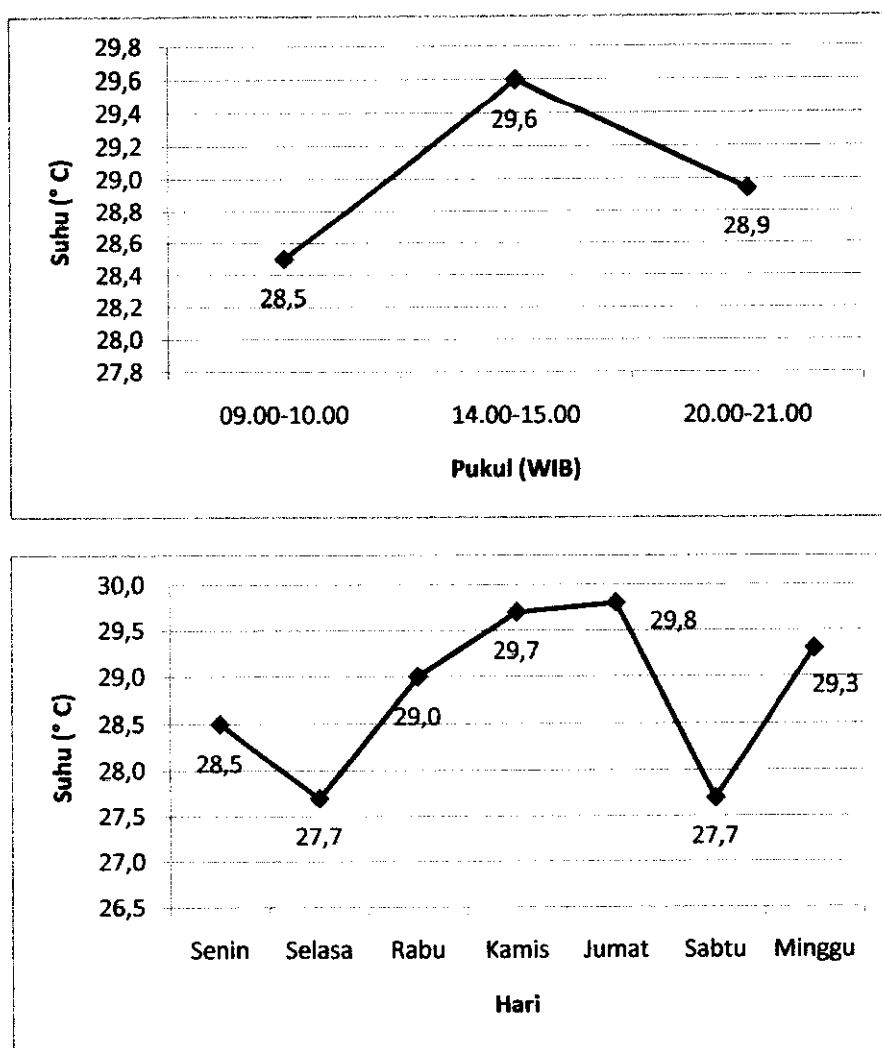
Fenomena yang berbeda jika melihat pola debit puncak. Untuk rumah makan dengan waktu operasional dua belas jam, yang berarti bahwa aktivitas hanya terjadi selama waktu tersebut, debit puncak atau tertinggi terjadi satu kali di pukul 14.00-15.00 WIB. Sebaliknya untuk limbah cair domestik dari perumahan dengan aktivitas rumah tangga yang terjadi selama dua puluh empat jam per hari, pola debit puncak terjadi dua kali di pagi dan sore hari (Hindarko, 2003). Akan tetapi, kedua data tersebut memperlihatkan bahwa debit puncak terjadi sekali per dua belas jam aktivitas.

Besarnya debit berkorelasi dengan kuantitas (volume) limbah di bak penampung, sehingga ditentukan waktu sampling adalah setiap pukul 14.00-15.00 WIB per hari karena pada jam tersebut, debit dan volume limbah di bak penampung paling tinggi.

5.2. Suhu dan pH Limbah Cair Domestik

Pada saat pengukuran debit, dilakukan juga pengukuran terhadap pH dan suhu. Parameter tersebut merupakan parameter utama dalam pengolahan limbah sehingga selalu dilakukan pengukuran. Pengolahan limbah secara biologis dapat berjalan dengan baik apabila kisaran suhunya cocok untuk mikroba mesofilik berkembang biak. Sedangkan untuk nilai pH limbah cair yang merupakan ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair, dapat digunakan sebagai petunjuk perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah adanya gangguan pada proses pengolahan limbah cair (Soeparman dan Suparmin, 2001). Kisaran nilai pH yang diterima untuk pengolahan limbah secara biologis adalah mendekati netral dan proses akan berjalan optimal jika limbah yang diolah mempunyai nilai pH sebesar 7 atau netral.

Selama pengukuran, suhu harian yang terukur berkisar $27,7-29,7^{\circ}\text{C}$. Sedangkan berdasarkan periode jam, suhu yang terukur setara dengan keadaan di lingkungan sekitar, yaitu tertinggi di siang hari. Berdasarkan Gambar 5.2, nilai suhu yang tertinggi sebesar $29,6^{\circ}\text{C}$. Suhu terendah terukur di periode pukul 09.00-10.00 WIB, yaitu $28,5^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut sesuai dengan fluktuasi suhu kota Surabaya yang cenderung lebih panas di siang hari. Kisaran suhu yang terukur juga menunjukkan suhu yang diterima untuk mikroba mesofilik berkembang dengan baik.



Gambar 5.2 Suhu Rata-rata Harian

Sedangkan untuk hasil pengukuran pH, seperti terlihat di Tabel 5.1, nilai yang terukur selama sampling berada di rentang 5-6. Nilai tersebut, sedikit di bawah kondisi optimal untuk

proses biologis. Dengan demikian, perlu dilakukan kontrol terhadap pH pada saat pengolahan supaya proses dapat berjalan dengan baik. pH diusahakan selalu mendekati nilai 7.

Tabel 5.1 Nilai pH Limbah Cair Domestik

No.	Hari	pH		
		I	II	III
1.	Jumat	6,00	6,00	5,00
2.	Sabtu	6,00	6,00	6,00
3.	Minggu	6,00	6,00	6,00
4.	Senin	6,00	5,00	6,00
5.	Selasa	6,00	6,00	6,00
6.	Rabu	5,00	6,00	6,00
7.	Kamis	6,00	6,00	6,00

5.3. Komposisi Air Limbah

Menurut Veenstra (1995), limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*) sebagian besar merupakan bahan organik. Sugiharto (1987) juga menyatakan bahwa air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat, sesuai dengan sumber asalnya. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah terdiri atas air (99,9%) dan bahan padat (0,1%) yang tersusun atas bahan organik dan anorganik. bahan padat organik, biasanya meliputi protein (65%), karbohidrat (25%), dan lemak (10%).

Hasil analisis komposisi limbah cair domestik menunjukkan bahwa limbah terdiri atas protein, amilum, dan lipolitik. Data komposisi limbah dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Komposisi Limbah Cair Domestik

No.	Komponen	Persentase (%)
1.	Amilum	0,08
2.	Protein	0,65
3.	Lipida	98,4

Tabel 5.2 memperlihatkan komposisi limbah cair domestik berbeda dengan komposisi yang disebutkan dalam Sugiharto (1987). Komponen tertinggi yang terukur adalah lipida atau lemak, yaitu 98%. Diduga, faktor yang mempengaruhi adalah sumber asal limbah cair. Sumber

limbah cair domestik yang diukur berasal dari proses memasak dan cucian dapur rumah makan padang. Masakan padang berbahan dasar santan, daging, ikan, dan lain-lain yang merupakan sumber lemak.

Dengan kandungan organiknya tinggi, maka cemaran dari limbah cair domestik cocok untuk diturunkan dengan menggunakan pengolahan biologi, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme khususnya bakteri yang dapat mendegradasi beban organik menjadi unsur yang stabil (Agung, tanpa tahun). Mikroorganisme yang dimanfaatkan dapat berupa mikroorganisme indigenous maupun eksogenous. Secara teoritis, dapat diupayakan optimalisasi pengolahan limbah secara biologis dengan cara menambahkan bakteri potensial ke reaktor. Dalam hal ini, jika hal tersebut dilakukan, maka komposisi bakteri potensial yang tepat, terdiri atas bakteri lipolitik, proteolitik, dan amilolitik yang disesuaikan dengan komposisi limbahnya. Secara berurutan, bakteri tersebut mempunyai kemampuan mendegradasi lipid, protein, dan amilum dalam limbah.

Beberapa bakteri penghasil amilolitik, yaitu *Bacillus subtilis*, *C. Butyricum*, dan *Bacillus sp* (Bernfeld, 1955; Asgher, 2007). Sedangkan untuk mikroba proteolitik yang telah dikembangkan secara komersial sebagai penghasil protease, antara lain *Bacillus licheniformis*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus pumilus*, *Aspergillus oryzae*, dan *Aspergillus niger*. Menurut Nurhayati *et al.* (1997), produksi protease tertinggi dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* ATCC 1633 dengan penambahan media limbah cair tahu ke dalam media produksi. Santoso dkk. (2002) melaporkan bahwa aktivitas lipolitik optimal *Rhizopus microspores var rhizopodiformis* isolat UICC no. 6 adalah 3,19 U/ml dengan konsentrasi inokulum 1% dan pepton 5% pada inkubasi 72 jam. Mikroba lain adalah *Penicillium wortmanii* dengan aktivitas lipolitik optimal adalah 12,5 U/ml pada pH 7,0 dan suhu 45° C (Costa and Peralta, 1999) dan *P. citrinum* adalah 409 U/ml pada media yang mengandung *yeast extract* sebagai sumber nitrogen (Sharma *et al.*, 2001).

5.4. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Berdasarkan sifat yang dimiliki, karakteristik limbah meliputi: fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Karakteristik Limbah Cair Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Uji			Keterangan
				I	II	III	
I. FISIKA							
1.	Suhu	° C	-	30	30	30	-
2.	TSS*	mg/L	100	3820,00	248,00	2086,00	melebihi baku mutu
3.	pH*		6-9	6	6	6	sesuai baku mutu
II. Kimia							
1.	NH ₃ -N (Amonia Total)**	mg/L	10	4,26	3,50	4,01	dibawah baku mutu
2.	Minyak dan Lemak*	mg/L	10	<1,05 ^{a)}	18189,2 ^{b)}	17533,7 ^{b)}	^{a)} dibawah baku mutu; ^{b)} melebihi baku mutu
3.	BOD ₅ *	mg/L	100	154,40	296,30	1163,30	melebihi baku mutu
4.	COD**	mg/L	100	384,00	704,00	2912,00	melebihi baku mutu
5.	Zat Organik (KMnO ₄)**	mg/L	85	750,50	142,20	429,76	melebihi baku mutu

Keterangan:

*Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik

**Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

Berdasarkan Tabel 5.3 diketahui bahwa limbah domestik mempunyai suhu 30° C. Benefield *et al.* (1975), menyatakan rentang suhu air buangan yang optimum bagi mikroorganisme untuk mendegradasi organik karbon adalah 15-32° C. Hal tersebut berarti, limbah cair domestik mempunyai suhu optimum untuk hidup mikroorganisme terutama yang bersifat mesofilik. Sebagai contoh, bakteri yang berpotensi hidup dalam limbah cair tersebut adalah bakteri nitrosomonas dan nitrobakter. Kedua itu dapat melakukan nitrifikasi secara baik pada kondisi suhu 30-36° C (mesofilik), meskipun nitrifikasi masih dapat berlangsung pada suhu di bawahnya (Betty, 1990).

Untuk parameter pH, nilai yang terukur adalah 6 sehingga dikatakan sesuai dengan baku mutu. pH dari limbah cair ini sedikit dibawah kondisi optimum, meskipun masih berada di

kisaran yang sesuai dengan baku mutu yang diijinkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik. Limbah dalam kondisi yang tidak netral (7), akan menyulitkan proses biologis dan berpengaruh terhadap proses penjernihannya. Semakin kecil nilai pH, maka akan menyebabkan air tersebut asam (Sugiharto, 1987).

Nilai pH yang rendah karena limbah domestik mempunyai beban organik yang tinggi. Terlihat dari nilai zat organik (KMnO_4) dan minyak dan lemak yang jauh melebihi baku mutu. Dalam kondisi ini, proses degradasi yang terjadi selalu menghasilkan gas CO_2 yang tinggi sehingga pH turun. Selain itu, limbah dengan kandungan bahan organik, biasanya mengandung amonia, nitrit, dan nitrat karena ketiganya merupakan hasil perombakan bahan organik yang mengandung nitrogen terutama protein (Sutamiharja, 1978).

Selama proses perombakan bahan organik yang mengandung nitrogen, misal protein, maka akan berlangsung proses nitrifikasi. Proses tersebut, selanjutnya akan menghasilkan ion hidrogen yang menyebabkan penurunan pH. Untuk kondisi normal, hal ini menyebabkan berkurangnya bau pada limbah karena pH telah mendekati normal. Berdasarkan nilai pH awal yang terukur di limbah cair domestik, maka selama proses harus dilakukan monitoring terhadap nilai pH supaya biodegradasi dapat berjalan optimum.

Selain itu, keasaman air (pH) sangat mempengaruhi apakah jumlah amoniak yang ada akan bersifat racun atau tidak sehingga jika limbah cair dibuang ke badan air, maka konsentrasi amoniak harus selalu terkendali atau dibatasi karena akan mempengaruhi ketersediaan oksigen. Penurunan jumlah amonia akan lebih mudah jika terjadi reaksi nitrifikasi (Suyanto, 2010). Umumnya pH optimum bagi proses nitrifikasi adalah 7,5-8,5.

Hasil analisis pada parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ (Amonia Total), menunjukkan nilai di bawah baku mutu. Apabila melihat suhu yang terukur di air limbah cocok untuk pertumbuhan bakteri nitrifikasi, maka nilai amoniak masih mempunyai peluang diturunkan lagi. Kadar amonia yang tinggi menandakan adanya pencemaran pada air buangan.

Sedangkan nilai TSS yang terukur pada tiga kali analisis, secara berurutan sebesar 3820,00 mg/L, 248,00 mg/L, dan 2086,00 mg/L; sementara baku mutu mensyaratkan maksimal nilai yang diijinkan adalah 100 mg/L air limbah. Nilai TSS menunjukkan jumlah bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air sehingga semakin tinggi nilai TSS, maka air limbah akan semakin keruh (Metcalf and Eddy, 2003). Kondisi yang seperti itu, yang terlihat di limbah cair domestik, yaitu limbah dalam kondisi keruh.

KMnO₄ yang terukur, juga menunjukkan nilai yang melebihi baku mutu, seperti terlihat di Tabel 5.3. Nilai KMnO₄ tersebut merefleksikan jumlah zat organik dalam limbah. Nilai permanganat adalah jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1000 ml air pada kondisi mendidih (Sawyer *et al.*, 2003) sehingga semakin tinggi nilai yang terukur, maka jumlah zat organik dalam limbah juga semakin banyak. Zat organik dalam air limbah dalam bentuk protein, karbohidrat, minyak dan lemak. Zat organik merupakan makanan mikroorganisme yang menyebabkan pesatnya pertumbuhan, tetapi jika di unit pengolahan air atau badan air justru juga sebagai indikator adanya pencemaran sebab membuat air menjadi berwarna, memberikan rasa, dan bau yang tak sedap.

Pada pengujian yang pertama untuk minyak dan lemak, nilainya dibawah 1,05 sehingga dikatakan dibawah baku mutu. Kondisi tersebut berlawanan dengan data komposisi limbah cair domestik di Tabel 5.2. Komponen limbah yang terbesar adalah lipid sehingga seharusnya kandungan minyak dan lemak dalam limbah juga tinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya kesalahan dalam proses sampling. Untuk minyak dan lemak, wadah sampel sesuai prosedur dalam *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater* (Clesceri *et al.*, 1998) adalah botol berbahan kaca atau gelas. Penggunaan bahan tersebut berfungsi untuk menghindari minyak dan lemak menempel di wadah yang akan berakibat pada tidak terukurnya parameter tersebut, seperti yang terjadi pada penelitian ini. Sedangkan pada sampling kedua dan ketiga, kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair domestik sebesar 18189,2 mg/L

dan 17533,7 mg/L. Nilai tersebut sangat jauh melebihi baku mutu yang disyaratkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dari asam lemak dan akan terbentuk garam basa (Manik, 2003).

Parameter yang terakhir adalah BOD₅ dan COD. Nilai keduanya juga melebihi baku mutu dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik untuk BOD₅ dan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 untuk COD. Nilai BOD dan COD yang terukur dari limbah cair ini, juga melebihi data pada Hammer (1986) dan Veenstra (1995).

BOD merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (Metcalf and Eddy, 2003). Sedangkan COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal: kalium dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air (Metcalf and Eddy, 2003). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut dapat mencapai nol sehingga organisme yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup (Husni, 2008).

Dalam pengolahan limbah, nilai BOD dan COD memegang peranan penting dalam menentukan jenis pengolahannya. Pengolahan biologis dapat diterapkan jika komponen bahan yang *biodegradable* lebih besar dibandingkan dengan yang *non biodegradable*. Nilai rasio BOD terhadap COD dalam limbah cair domestik ini, pada tiga kali analisis, semuanya sebesar 0,4 artinya limbah cair tergolong *biodegradable*. Nilai ini mengindikasikan pengolahan biologis memberikan berbagai keuntungan dibandingkan dengan pengolahan secara kimia

(Said dan Ineza, 2002). Limbah cair tergolong *biodegradable* bila nilai rasio BOD/COD sekitar 0,65; tergolong kurang *biodegradable* bila sekitar 0,32, dan tergolong tidak *biodegradable* jika nilai rasionya 0,16 (Said dan Ineza, 2002).

Karakteristik yang juga harus diperhatikan adalah karakteristik biologis. Air limbah domestik mengandung bakteri dalam jumlah yang sangat besar (mencapai 20 juta/ml, bahkan lebih) yang berasal dari tubuh manusia dan bahan lain dalam air (Manahan, 2005). Untuk itu, dilakukan juga analisis *Total Plate Count* (TPC) pada limbah cair domestik untuk mengetahui jumlah bakteri di dalamnya. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 *Total Plate Count* (TPC) pada Limbah Cair Domestik

No	Pengenceran	Jumlah Koloni
1.	10^{-5}	$3,2 \times 10^6$
2.	10^{-6}	$2,2 \times 10^7$ (< 30 koloni $\times 10^6$)*
3.	10^{-7}	2×10^8 (< 30 koloni $\times 10^5$)*

Keterangan:

* *Too Numerous to Count* (TNTC)

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa pada pengenceran 10^{-6} dan 10^{-7} , data yang terbaca adalah *too numerous to count* yang mempunyai arti jumlah koloni yang ada terlalu rendah sehingga tidak memenuhi syarat dalam perhitungan TPC (< 30 koloni). Hal ini disebabkan karena terlalu tingginya pengenceran. Sedangkan pada pengenceran 10^{-5} , jumlah koloni yang terhitung sebesar $3,2 \times 10^6$. Dengan demikian, diketahui bahwa jumlah bakteri dalam limbah cair sebesar $3,2 \times 10^6$ CFU/ml limbah cair.

Jika pengolahan limbah cair menggunakan bakteri indigenous, maka setidaknya dalam limbah sudah mengandung $3,2 \times 10^6$ CFU bakteri per ml limbah cair yang diasumsikan melakukan proses bidegradasi. Data yang ada hanya sampai didapatkan jumlah bakteri/ml limbah cair. Untuk proses biodegradasi oleh bakteri, ada beberapa faktor yang mempengaruhi seperti suhu dan lama inkubasi, pH awal, jumlah inokulum. Faktor tersebut harus selalu dikontrol supaya bakteri dapat bekerja optimal dalam suatu pengolahan limbah. Akan lebih baik jika didapatkan data tentang jenis bakteri yang terhitung tersebut dan uji aktivitas bakteri

atau enzim yang dihasilkan terhadap kemampuannya dalam mendegradasi limbah cair domestik ini.

5.5. Klasifikasi Tingkat Pencemaran berdasarkan Kualitas Parameter Air Limbah

Air limbah domestik dapat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah (Rump dan Krist, 1992 dalam Effendi, 2003). Hasil klasifikasi, seperti di Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Klasifikasi Tingkat Pencemaran dari Limbah Domestik Berdasarkan Beberapa Parameter Kualitas Air Limbah

No.	Parameter	Satuan	Kadar	Tingkat Pencemaran
1.	BOD ₅	(ml/L)	154,40-1163,30	Ringan-Berat
2.	COD	(ml/L)	384,00-2912,00	Ringan-Berat
3.	Amonia-nitrogen	(ml/L)	4,26-17,47	Ringan-sedang
4.	Minyak dan Lemak	(ml/L)	17533,7-18189,2	Berat

Dari 4 parameter yang diklasifikasikan sesuai Tabel klasifikasi dari Rump dan Krist, (1992) dalam Effendi (2003), dapat dikatakan bahwa limbah cair domestik rumah makan ini berpotensi mencemari lingkungan dengan tingkat pencemaran ringan-sedang jika limbah dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan. Di musim penghujan, apabila badan air tempat pembuangan mempunyai volume dan debit yang besar, maka pencemaran yang terjadi dalam klasifikasi ringan atau bahkan tidak terjadi pencemaran karena self purifikasi berjalan baik. Sebaliknya di musim kemarau, limbah ini sangat potensial mencemari lingkungan karena volume dan debit yang ada tidak mampu membuat proses self purifikasi optimal. Dampak yang paling terlihat adalah timbulnya bau karena kandungan lemak dan minyak yang cukup tinggi dan jika bertumpuk di saluran air, maka cenderung bersifat anaerob sampai anoksik sehingga diproduksi gas H₂S sebagai sumber bau tidak sedap.

5.6. Perbandingan Kualitas Air Limbah Domestik

Tabel 5.6 menunjukkan perbandingan kualitas air limbah domestik (*grey water*). Hasil perbandingan menunjukkan bahwa, limbah cair yang akan dioleh mempunyai nilai diatas karakter limbah domestik pada umumnya. Nilai BOD₅, COD, dan TSSnya jauh melebihi karakter normal. Hal tersebut berarti, beban biofilter untuk mengolah limbah akan lebih berat jika dibandingkan dengan mengolah limbah domestik pada umumnya.

Tabel 5.6 Perbandingan Kualitas Air Limbah Domestik (*Grey Water*)

No.	Parameter	Satuan	Kadar (Hasil Analisis)	Kadar menurut Veenstra (1995)	Kadar menurut Hammer (1986)	Keterangan
1.	BOD ₅	(ml/L)	154,40-1163,30	110 – 400	200	Melebihi
2.	COD	(ml/L)	384,00-2912,00	150 – 600	-	Melebihi
3.	TSS	(ml/L)	248-3820	350 – 750	-	Melebihi

5.7. Pengolahan Limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Pengolahan limbah dengan biofilter anaerob-aerob bermedia ini dipilih dengan berbagai pertimbangan, diantaranya:

- Nilai rasio BOD/COD = 0,4, artinya limbah bersifat *biodegradable* (Said dan Ineza, 2002) sehingga pengolahan biologis adalah alternatif yang tepat
- Kandungan BOD₅ sebesar 154,40-1163,30 mg/L, Eckenfelder (1989) dan Tobing (1989), menyebutkan bahwa untuk limbah cair pekat dengan kandungan BOD₅ > 1000 mg/l metode yang cocok untuk pengolahan yang lebih layak adalah dekomposisi anaerob. Sebaliknya, pengolahan aerob digunakan untuk air limbah dengan BOD yang tidak terlalu besar.
- Kandungan Amonia-nitrogen sebesar 3,50-4,26 (ml/L). Meskipun kandungannya dibawah angka 10 ml/L, nilai amonia berpotensi meningkat karena pengolahan anaerob dapat meningkatkan kandungan fosfat dan nitrat dalam air limbah. Akan tetapi proses aerob dapat menurunkan kandungan fosfat dan nitrat. Gabungan dari kedua jenis pengolahan ini dapat meningkatkan kualitas efluen (Herlambang, 2002).

- Kandungan KMnO_4 sebesar 142,20-750,50 ml/L, nilai tersebut memperlihatkan kandungan zat organik dalam air limbah.

Biofilter anaerob-aerob merupakan sebuah inovasi unit pengolahan air limbah yang menggabungkan konsep pengolahan anaerob dan aerob dengan menggunakan media untuk tempat bertumbuhnya bakteri pendegradasi limbah (Sutiyono dan Rahayu, 2002). Sedangkan Gašpariková *et al.* (2005) berpendapat bahwa anaerob bersekat-aerob, mampu membuat air limbah mengalir lebih lambat sehingga memberi kesempatan bakteri mendegradasi air limbah.

Pengolahan biofilter ini dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang di dalamnya ada media penyangga untuk perkembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa penambahan bakteri potensial. Diharapkan, senyawa pencemar yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, TSS, COD), ammonia, dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan biofilm. Adanya sekat yang menimbulkan *up flow* dan *down flow* juga diharapkan semakin mengoptimalkan kinerja reaktor sebab waktu tinggal limbah dalam reaktor semakin lama. Selain itu, biofilm atau biofilter akan berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini sehingga konsentrasi TSS dan *E. coli* akan berkurang (Metcalf and Eddy, 2003).

Alasan lain, dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik seperti limbah domestik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme atau metabolisme sel untuk menguraikan senyawa tersebut. Oleh karena, pada dasarnya cara biologis adalah pemutusan molekul kompleks menjadi molekul sederhana. Akan tetapi, proses ini sangat peka terhadap faktor suhu, pH, *dissolved oxygen* (DO), dan zat-zat inhibitor terutama zat-zat beracun. Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa (Ritmann dan McCarty, 2001).

Untuk agregat biakan mikroorganisme, dipilih biakan melekat (*attached culture*). Media sarang tawon merupakan media yang sering digunakan sebagai tempat melekat. Akan tetapi

pada penelitian ini, digunakan bambu sebagai pengganti sarang tawon karena lebih mudah ditemui di lokasi penelitian sehingga diharapkan biaya unit pengolahan lebih murah. Pada sistem dengan biakan melekat (biofilter), kultur mikroba dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme yang terlibat melekat atau membentuk lapisan tipis (biofilm) pada permukaan media padat (Metcalf and Eddy, 2003).

Untuk posisi media biofilter dalam bioreaktor, dipilih proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam (*submerged*), dimana media biakan terendam sepenuhnya dalam bulk cairan (Metcalf and Eddy, 2003). Sistem biofilter tersebut, proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam merupakan metode pengolahan limbah cair yang relatif baru khususnya dalam pengolahan biologis anaerobik (Husin, 2008). Aplikasi proses ini pertama kali dikemukakan oleh Young and McCarty di tahun 1963 (Ritman and McCarty, 2001; Bal and Dhagat, 2001; Metcalf and Eddy, 2003).

5.7.1. Pembentukan Biofilm

Biofilm atau biofilter pada dasarnya adalah sekumpulan agregat mikroorganisme atau produk polimer ekstraselluler yang melekat pada permukaan padatan dan atau bahan *inert* dalam lingkungan berair (Marshall, 1992; Behrendt, 2000; Rittman and McCarty, 2001) atau tergantung dengan antar muka (Davey dan O'toole, 2000). Menurut Costerton *et al.* (1985) populasi bakteri pada lingkungan berair paling banyak dijumpai dalam keadaan agregat yang dapat membentuk biofilm daripada keadaan planktonik (bebas).

Mekanisme pembentukan biofilm terlihat ketika di sekitar media bambu yang dipasang mulai terbentuk lapisan. Diawal lapisan tersebut cenderung tercuci (*washout*) dari reaktor, tetapi selanjutnya lapisan terlihat lebih kompak dan melekat erat pada permukaan, sesuai dengan pernyataan dalam Callander dan Barford (1983). Kecepatan pelekatan bakteri berbeda-beda tergantung pada struktur dan daya rekatnya. Suryo (2009) menyebutkan waktu pembentukan lebih kurang 2 minggu. Beberapa bakteri seperti substansi polimer ekstra selular dan fimbriae memiliki struktur dan daya rekat yang kuat sehingga dengan cepat akan melekat

erat pada permukaan media. Akan tetapi, ada pula bakteri yang membutuhkan waktu kontak yang lama agar dapat melekat erat pada permukaan media (Marshall, 1992). Pada unit ini, baik biofilm dari bakteri indigenous maupun eksogenous (perlakuan dengan dan tanpa penambahan bakteri potensial), mulai terlihat di hari ke-delapan. Proses pembentukan biofilm ini adalah proses aklimatisasi sebelum dilakukan running reaktor.

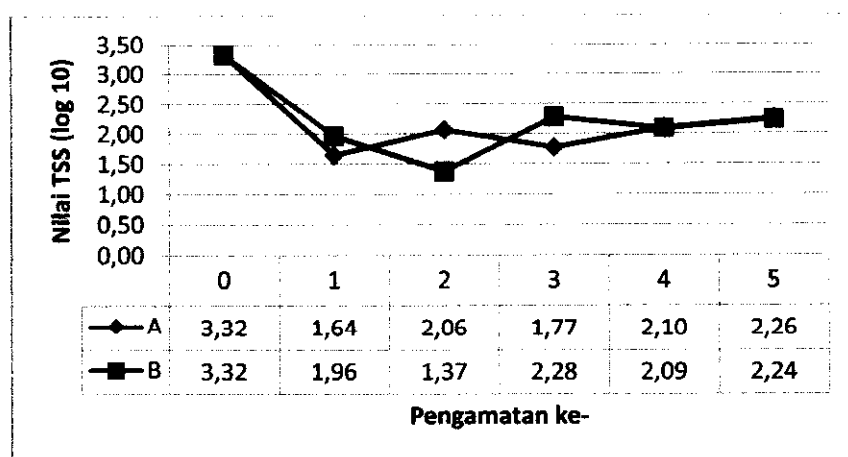
5.7.2. Hasil Pengolahan Limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Pada pengolahan limbah dengan biofilter anaerob-aerob, parameter yang ingin diturunkan adalah TSS, NH₃-N (amonia total), minyak dan lemak, BOD₅, COD, dan bahan organik (KMnO₄). Parameter tersebut dipilih, sesuai dengan persyaratan limbah yang boleh dibuang ke badan air berdasarkan baku mutu dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Lokasi sampling berada di wilayah Propinsi Jawa Timur, akan tetapi karena belum ada aturan tentang limbah cair domestik yang mengatur limbah rumah makan, maka digunakan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005.

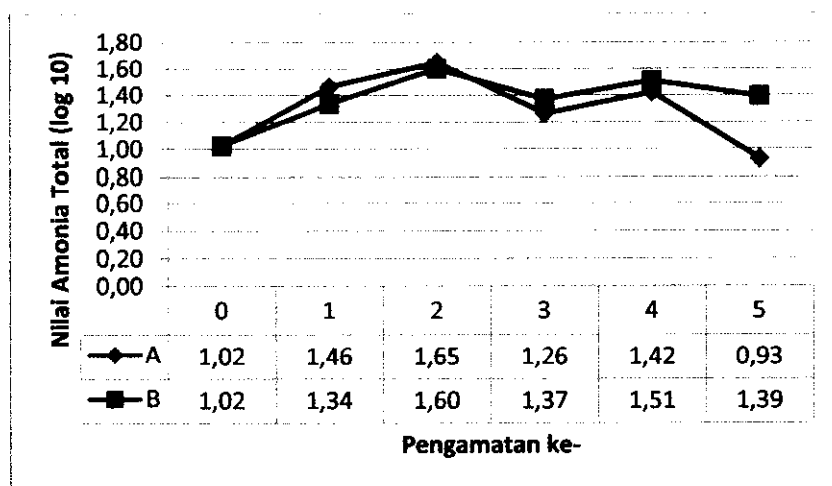
Hasil analisis ke-6 parameter yang diolah, dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai 5.7 yang secara berurutan adalah pengukuran untuk nilai TSS, NH₃-N (amonia total), Minyak dan Lemak, BOD₅, COD, dan bahan organik (KMnO₄) dalam bentuk nilai log-10. Gambar tersebut juga menunjukkan perbandingan nilai penurunan tiap parameter dengan perlakuan adanya penambahan mikroba potensial kinerja biofilter dan tanpa penambahan mikroba potensial. Sedangkan untuk data hasil analisis per satuan parameter sesuai baku mutu, dapat di lihat di Tabel 5.7 dan Lampiran 4.

Berdasarkan Gambar 5.3, dapat dilihat bahwa pengolahan limbah dengan biofilter anaerob-aerob mampu menurunkan nilai TSS pada limbah cair. Untuk perlakuan dengan penambahan mikroba (A), nilai TSS terendah sebesar 1,64 terlihat pada pengamatan ke-1. Sedangkan untuk perlakuan tanpa penambahan, penurunan nilai TSS di limbah cair berjalan lebih lambat, ditunjukkan dengan hasil pengukuran terendah yang terlihat di pengamatan ke-2,

sebesar 1,37. Hasil pengukuran juga memperlihatkan bahwa penurunan nilai TSS dengan kedua perlakuan tidak berbeda jauh, bahkan justru nilai terendah didapat pada perlakuan tanpa penambahan mikroba potensial. Keadaan tersebut menjelaskan bahwa, pada dasarnya mikroba indigenous dalam limbah dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah secara biologis. Akan tetapi, yang harus diteliti lebih lanjut adalah rasio F/M dalam air limbah sehingga mikroba yang ada dapat bekerja optimal dalam proses pengolahan.



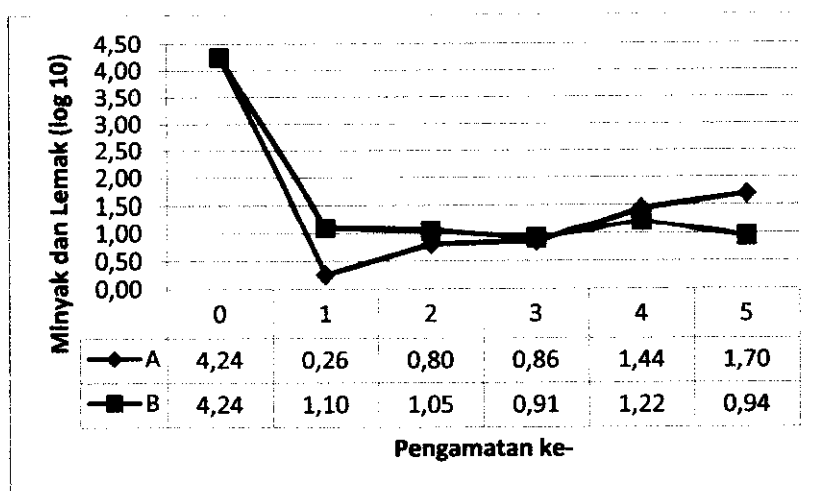
Gambar 5.3 Nilai TSS hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob



Gambar 5.4 Nilai Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob

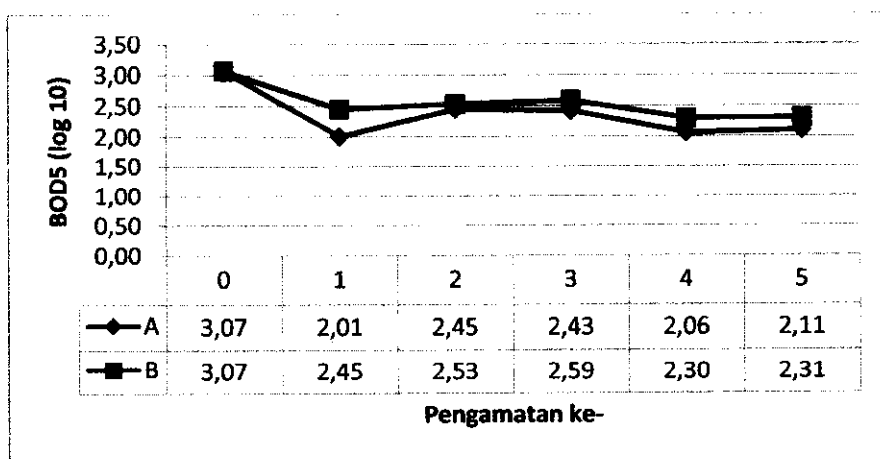
Hasil analisis untuk amonia total, sesuai Gambar 5.4 menunjukkan bahwa dengan perlakuan A, proses degradasi berjalan lebih lambat. Akan tetapi didapatkan tren penurunan nilai amonia dari pengamatan ke-1 sampai 5. Sedangkan pada perlakuan B, nilai yang terukur

fluktuatif. Gambar 5.4 juga menunjukkan bahwa antara perlakuan A dan B, tidak banyak perbedaan hasil penurunan nilai amonia total. Tren yang sama seperti pada hasil analisis nilai TSS. Hal tersebut semakin memperkuat dugaan bahwa, mikroba indigenus yang ada sebenarnya mempunyai potensi untuk mengolah limbah.



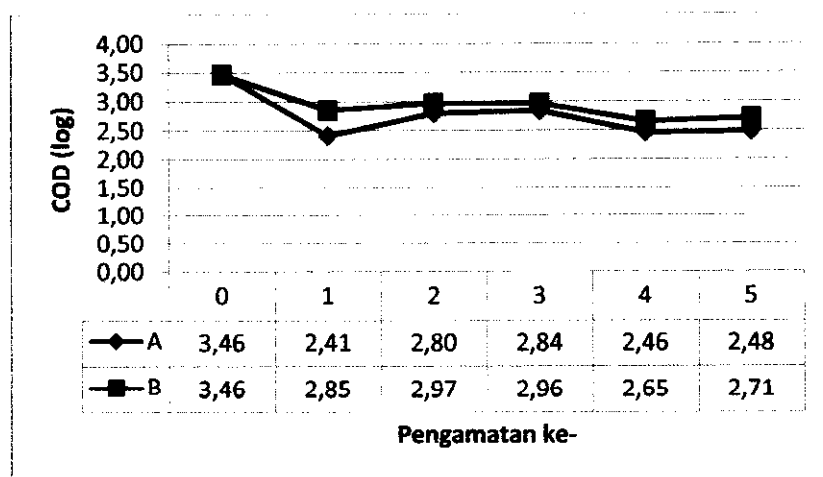
Gambar 5.5 Nilai Minyak dan Lemak hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Penurunan nilai minyak dan lemak pada perlakuan A, terjadi optimal pada pengamatan ke-1. Akan tetapi, pada pengamatan selanjutnya, kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair kembali meningkat. Diduga, bakteri lipolitik yang ada pada konsorsium yang ditambahkan sudah mengalami kejenuhan. Sebaliknya, Gambar 5.5 memperlihatkan tren yang lebih baik pada perlakuan B. Penurunan nilai minyak dan lemak terjadi bertahap sampai pengamatan ke-5. Tren tersebut menunjukkan kinerja yang lebih baik pada biofilter B.



Gambar 5.6 Nilai BOD₅ hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Biofilter anaerob-aerob mampu menurunkan nilai BOD₅ dari limbah cair, ditunjukkan oleh Gambar 5.6. Dari kedua perlakuan, terlihat tren positif sampai pengamatan ke-5. Nilai BOD di kedua biofilter yang berkerja, masih menurun. Berbeda dengan hasil analisis parameter sebelumnya, kinerja biofilter dengan perlakuan A terlihat lebih baik.

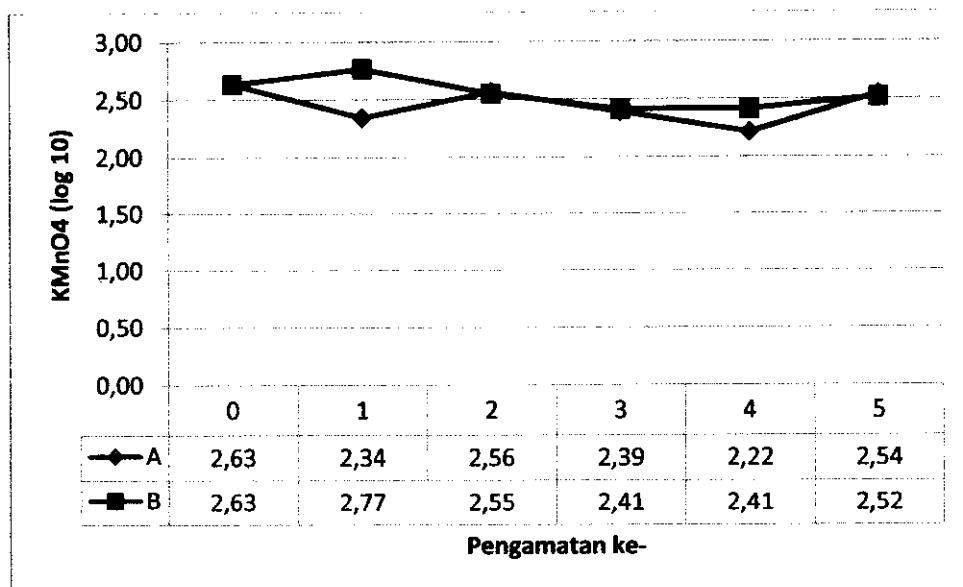


Gambar 5.7 Nilai COD hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Hasil analisis nilai COD memperlihatkan tren yang sama dengan hasil analisis nilai BOD₅. Biofilter anaerob-aerob mampu menurunkan COD dari limbah cair, ditunjukkan oleh Gambar 5.7. Dari kedua perlakuan, terlihat tren positif sampai pengamatan ke-5. Nilai COD di kedua biofilter yang berkerja, masih menurun. Hal tersebut berarti proses degradasi masih terus berlangsung. Hasil juga memperlihatkan bahwa, kinerja biofilter dengan perlakuan A terlihat lebih baik.

Pengukuran KMnO₄ pada dasarnya adalah untuk memperlihatkan kandungan bahan organik dalam limbah cair. Jika BOD dan COD menunjukkan jumlah bahan organik yang sudah di degradasi, maka sebaliknya KMnO₄ memperlihatkan jumlah zat organik yang masih ada dalam limbah cair. Oleh karena nilai KMnO₄ tersebut merefleksikan jumlah zat organik dalam limbah sesuai dalam Sawyer *et al.* (2003), bahwa nilai permanganat adalah jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1000 ml air pada kondisi mendidih sehingga semakin tinggi nilai yang terukur, maka jumlah zat organik dalam limbah juga semakin banyak. Gambar 5.8, memperlihatkan bahwa tren nilai KMnO₄

sama dengan tren hasil analisis pada BOD5 dan COD, yang berarti bahwa terjadi degradasi bahan organik oleh mikroba.



Gambar 5.8 Nilai KMnO_4 (Bahan Organik) hasil Pengolahan dengan Biofilter Anaerob-Aerob

Tabel 5.7 Hasil Analisis Karakter Limbah setelah Proses Pengolahan di biofilter Anaerob-Aerob

No.	Parameter	Perlakuan	Pengamatan ke-						Baku Mutu	Ket.
			0	1	2	3	4	5		
1	Suhu	A	29,00	30,00	30,00	29,00	29,00	30,00	-	-
		B	29,00	30,00	29,00	29,00	29,00	29,00		
2	pH	A	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6-9	sesuai
		B	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		
3	TSS	A	2086,00	44,00	116,00	59,00	126,00	180,00	100,00	melebihi
		B	2086,00	92,00	23,60	190,00	122,00	172,00		
4	$\text{NH}_3\text{-N}$ (Amonia Total)	A	10,56	29,16	44,50	18,34	26,39	8,47	10,00	melebihi
		B	10,56	21,77	39,90	23,48	32,29	24,67		
5	Minyak dan Lemak	A	17533,70	1,80	6,30	7,20	27,70	49,90	10,00	melebihi
		B	17533,70	12,70	11,30	8,10	16,70	8,70		
6	BOD5	A	1163,30	101,60	281,60	266,40	115,60	127,60	100,00	melebihi
		B	1163,30	281,10	342,50	389,30	198,60	203,10		
7	COD	A	2912,00	256,00	624,00	688,00	288,00	304,00	100,00	melebihi
		B	2912,00	704,00	928,00	912,00	448,00	512,00		
8	Zat Organik (KMnO_4)	A	429,76	221,20	366,56	246,48	164,32	347,60	85,00	melebihi
		B	429,76	584,60	353,92	259,12	259,12	328,64		

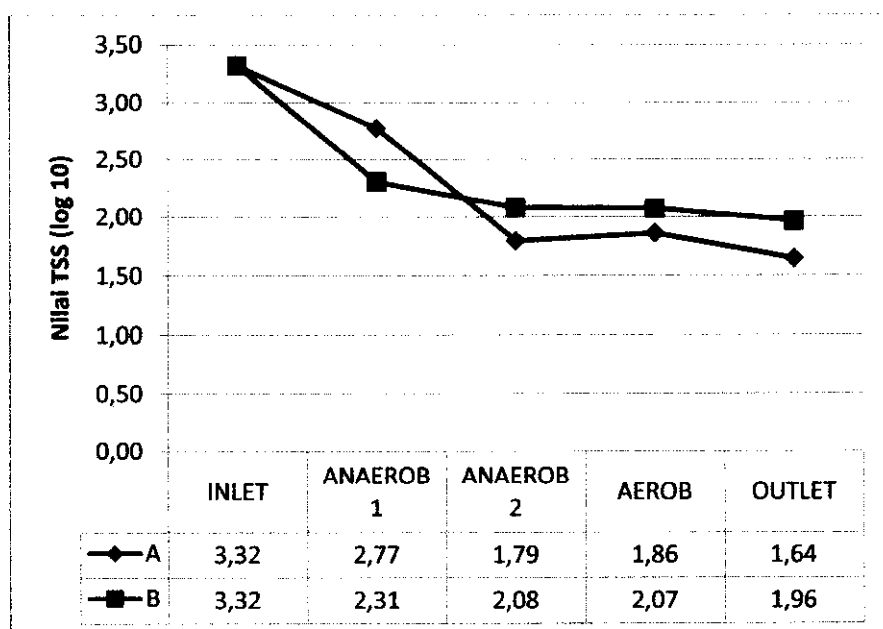
Keterangan:

A: perlakuan dengan penambahan bakteri potensial

B: perlakuan tanpa penambahan bakteri potensial

Data diatas memperlihatkan bahwa biofilter anaerob-aerob dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair. Akan tetapi masih harus dilakukan kajian mengenai rasio F/M untuk mengoptimalkan kinerja mikroba indigenus. Oleh karena penambahan mikroba eksogenous, tidak memperlihatkan perbedaan yang besar pada penurunan nilai setiap parameter yang dianalisis. Selain itu, efluen hasil pengolahan masih menunjukkan karakter yang melebihi nilai baku mutu sehingga harus dilakukan kajian lebih lanjut supaya efluen dapat memenuhi baku mutu. Diduga keberadaan bak pemisah lemak, diperlukan dalam unit biofilter ini sebagai *pretreatment* sehingga membantu mengurangi beban kerja reaktor. Di beberapa penelitian, keberadaan bak pemisah lemak ternyata mampu menaikkan kinerja sebuah reaktor.

Untuk memperkuat hasil analisis diatas, pada pengukuran yang kedua, di analisis juga efluen di setiap unit biofilter. Gambar 5.9 sampai 5.14 dan Lampiran 5 memperlihatkan tren penurunan parameter COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, dan $KMNO_4$ pada tiap unit biofilter anaerob-aerob.

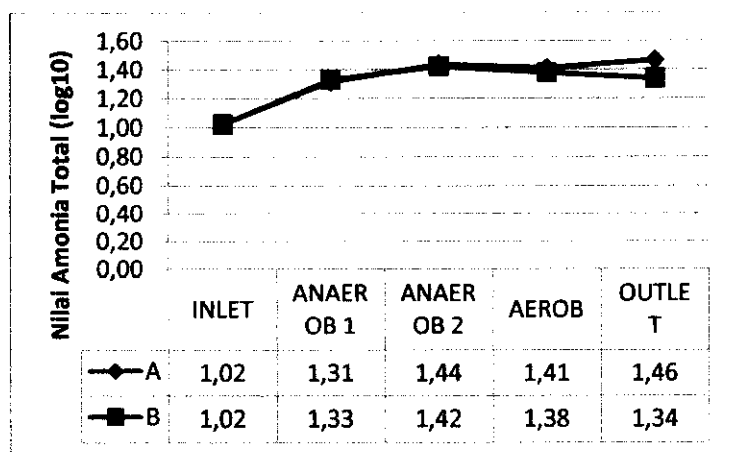


Gambar 5.9 Nilai TSS di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)

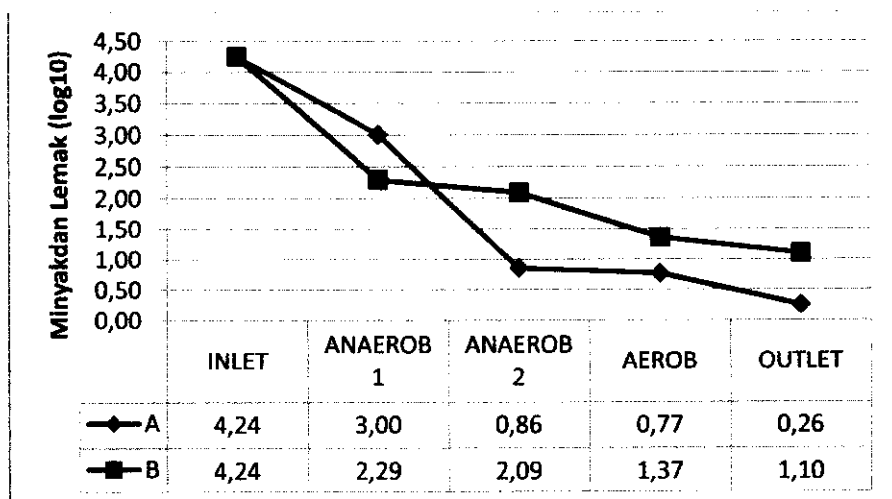
Gambar 5.9 menunjukkan bahwa nilai TSS di setiap unit mengalami penurunan. Untuk hasil akhir, terlihat bahwa nilai TSS di outlet dengan perlakuan A dan B adalah 1,64 dan 1,96.

Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi proses biodegradasi TSS yang lebih baik di perlakuan A.

Untuk nilai amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$) tren yang terjadi justru sebaliknya, yaitu terjadi kenaikan tren, sesuai Gambar 5.9. tren tersebut menunjukkan bahwa nilai tidak terjadi biodegradasi amonia pada setiap unit di biofilter. Diduga keadaan tersebut karena komponen limbah adalah bahan organik dengan kandungan protein dan minyak dan lemak sehingga justru menghasilkan amonia atau nitrogen saat mengalami penguraian oleh konsorsium bakteri potensial. Dugaan tersebut diperkuat dengan hasil pengukuran yang menunjukkan nilai amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$) di outlet A lebih tinggi dibandingkan dari B, yang berarti bahwa semakin besar aktivitas bakteri menyebabkan amonia yang dihasilkan juga lebih banyak. Hal tersebut mengingatkan bahwa A mendapatkan perlakuan dengan penambahan konsorsium bakteri potensial.

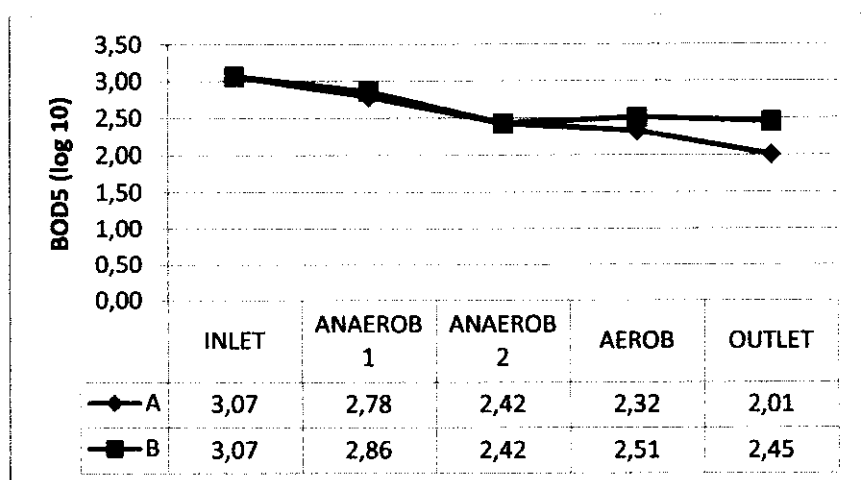


Gambar 5.10 Nilai Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)

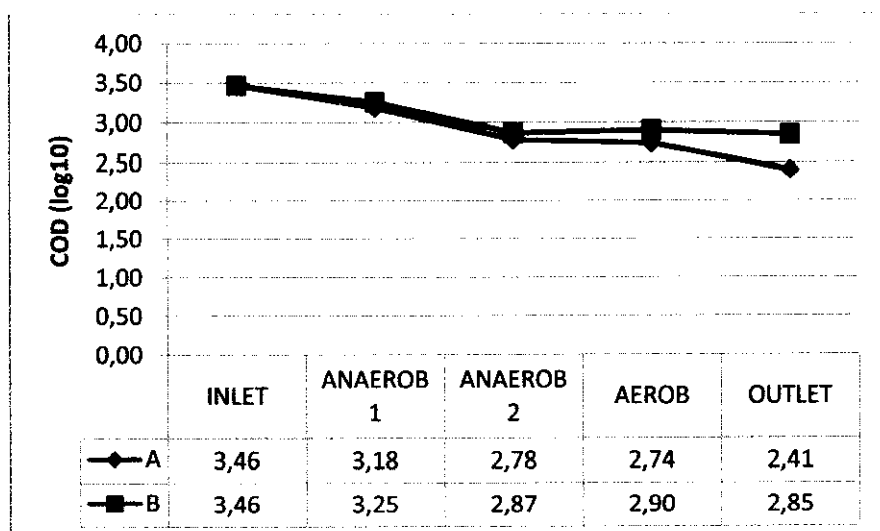


Gambar 5.11 Nilai Minyak dan Lemak di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)

Tren pada pengukuran minyak dan lemak juga mengalami penurunan, di Gambar 5.11. Hasil pengukuran di outlet untuk perlakuan A dan B adalah 0,26 dan 1,10, maka artinya kemampuan bakteri potensial lebih baik dalam melakukan degradasi minyak dan lemak padahal komponen ini sulit diuraikan. Dengan keberadaan minyak dan lemak di air limbah, suplai oksigen jauh berkurang karena difusi oksigen dari udara ke limbah lebih sulit. Hasil pengukuran ini menunjukkan kemampuan biofilter anaerob-aerob. Adanya bakteri yang hidup di reaktor anaerob dapat berperan besar dalam proses degradasi untuk kondisi anaerob. Meskipun dengan perlakuan aerasi, bakteri aerob juga dapat bekerja lebih optimal.

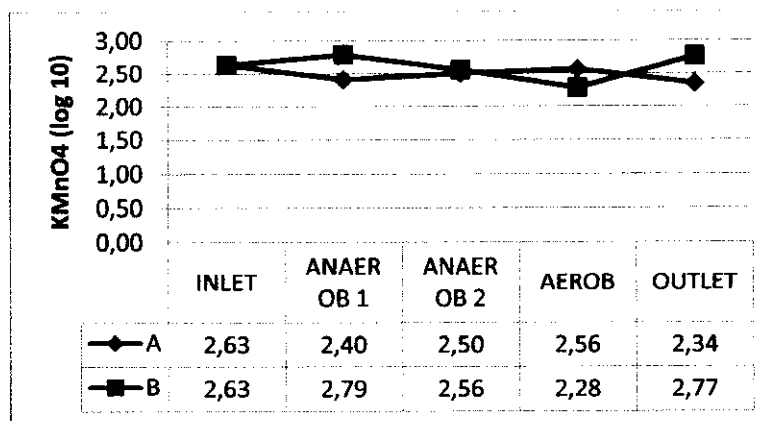


Gambar 5.12 Nilai BOD₅ di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)



Gambar 5.13 Nilai COD di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)

Gambar 5.12 dan 5.13 memperlihatkan hasil pengukuran nilai BOD₅ dan COD. Keduanya menunjukkan tren penurunan. Untuk nilai BOD₅ di outlet pada perlakuan A dan B adalah 2,01 dan 2,45. Sedangkan untuk COD, hasil pengukuran pada perlakuan A dan B adalah 2,41 dan 2,85. Kedua hasil tersebut, menunjukkan bahwa proses biodegradasi pada perlakuan A lebih baik dari pada B.



Gambar 5.14 Nilai KMnO₄ (Bahan Organik) di Setiap Unit Biofilter Anaerob-Aerob (A: dengan penambahan bakteri potensial; B: tanpa penambahan bakteri potensial)

Gambar 5.14 memperlihatkan tren nilai KMnO₄ sama dengan tren hasil analisis pada BOD₅ dan COD, yang berarti bahwa terjadi degradasi bahan organik oleh mikroba.

5.7.3. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair pada Biofilter Anaerob-Aerob

Dalam pengolahan ini, ada beberapa parameter yang dianalisis, yaitu: suhu, pH, TSS, Amonia, minyak dan lemak, BOD₅, COD, dan Zat Organik (KMnO₄). Parameter suhu dan pH, merupakan data kualitas lingkungan biofilter. Data tersebut digunakan untuk memastikan bahwa proses biologis dapat berjalan lancar. Seperti yang telah disebut sebelumnya, rentang suhu air buangan yang optimum bagi mikroorganisme untuk mendegradasi organik karbon adalah 15-32° C (Benefield *et al.*, 1975) dan pH berada pada kondisi optimum (7). Gambar 5.2 dan Tabel 5.1 menunjukkan data tentang suhu dan pH selama proses pengolahan. Data dalam gambar tersebut, memperlihatkan nilai suhu dalam keadaan optimum dan pH satu angka dibawah kondisi netral. Dengan demikian, diasumsikan bahwa proses biologis dapat berjalan dengan baik.

Selanjutnya, Tabel 5.8 memperlihatkan efisiensi pengolahan limbah cair domestik pada biofilter anaerob-aerob. Berdasarkan data di Tabel 5.8 terlihat bahwa, efisiensi rata-rata pengolahan limbah cair domestik dengan perlakuan A dan B sangat beragam. Untuk penurunan TSS, minyak dan lemak, BOD₅ dan COD, diatas 50% sedangkan untuk KMnO₄ nilai efisiensinya adalah 37% untuk perlakuan A dan 17% untuk perlakuan B. Bahkan untuk parameter NH₃-N (Amonia Total), tidak terjadi penurunan. Efisiensi sebesar 20% baru diperlihatkan oleh biofilter dengan perlakuan A pada hari terakhir pengamatan. Kandungan bahan organik yang tinggi terutama protein, akan meningkatkan kandungan nitrogen selama proses degradasi sehingga nilai amonia total justru semakin meningkat.

Tabel 5.8 Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Domestik pada Biofilter Anaerob-Aerob

No.	Parameter	Perlakuan	Efisiensi (%)					rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	TSS	A	98	94	97	94	91	95
		B	96	99	91	94	92	94
2	NH ₃ -N (Amonia Total)	A	-	-	-	-	20	20
		B	-	-	-	-	-	-
3	Minyak dan Lemak	A	100	100	100	100	100	100
		B	100	100	100	100	100	100
4	BOD ₅	A	91	76	77	90	89	85
		B	76	71	67	83	83	76
5	COD	A	91	79	76	90	90	85
		B	76	68	69	85	82	76
6	Zat Organik (KMnO ₄)	A	49	15	43	62	19	37
		B	-	18	40	40	24	17

Keterangan:

A: perlakuan dengan penambahan bakteri potensial

B: perlakuan tanpa penambahan bakteri potensial

-: tidak terjadi penurunan

Kinerja biofilter yang tidak optimal diduga karena ini tidak dilakukan pemisahan komponen minyak dan lemak terlebih dahulu. Besarnya kandungan minyak dan lemak, membuat beban organik pada reaktor sangat berat sehingga efisiensi pengolahan untuk semua parameter menjadi kecil. Seperti diketahui, bahwa lemak tergolong pada bahan organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutupi permukaan air dan dapat merugikan karena lapisan

minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara menurun (Sugiharto, 1987). Pada sebagian lain minyak ini membentuk lumpur dan mengendap yang sulit diuraikan (Ginting, 2007).

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Terjadi tren penurunan nilai pada parameter COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, dan KMNO_4 pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba di setiap unit pengolahan.
2. Ada perbedaan efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dengan dan tanpa penambahan konsorsium mikroba, yaitu nilai efisiensi cenderung lebih bagus pada limbah dengan penambahan konsorsium bakteri potensial. Secara berurutan untuk parameter COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amonia, dan KMNO_4 dan perlakuan A serta B, nilai efisiensinya adalah 95% dan 94%; 20% dan 0%; 100% dan 100%; 85% dan 76%; 37% dan 17%.
3. Konsorsium bakteri potensial mampu tumbuh di media bambu pada unit pengolahan limbah menggunakan proses biofilter anaerob-aerob yang dibuktikan dengan adanya lapisan dengan karakteristik biofilm yang terbentuk pada media bambu.

6.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Ada unit *grease trap* sebelum limbah masuk ke bak ekualisasi.
2. Jika nilai pH limbah diawal yang terukur cenderung asam maupun basa, sebaiknya dilakukan proses netralisasi.
3. Perlu diuji lagi, kemampuan bambu sebagai media biofilter.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, T.R., Tanpa Tahun. Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Menggunakan *Rotary Biological Contactor*. Jurnal Kimia dan Teknologi. Halaman 313-321.
- Andrew, J.F., Cole, R.D., and Pearson, E.A., 1962. Kinetics and Characteristics of Multistage Methane Fermentation, dalam Ramalho, A.S., 1983. Introduction to Wastewater Treatment Process, 2nd ed., Academic Press, New York.
- Anonim, 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Anonim, 2004. Pengujian Minyak dan Lemak secara Gravimetri. SNI 06-6989.10-2004.
- Anonim, 2004. Cara Uji Nilai Kalium Permanganat secara Titimetri. SNI 06-6989.22-2004.
- Anonim, 2004. Metode penetapan TSS dengan gravimetri. SNI 06-6989.3-2004.
- Anonim, 2005. Peraturan Gubernur Propinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta No. 122 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik di DKI Jakarta. Jakarta.
- Anonim, 2005. Amonia total diukur dengan metode spektrofotometer secara fenat sesuai dengan SNI 06-6989.30-2005.
- Anonim, 2008. Pengujian *Total Plate Count*. SNI 2897:2008.
- Anonim, 2009. Pengujian COD dengan Metode Refluks Tertutup. SNI 6989.2:2009.
- Anonim, 2009. Pengujian BOD SNI 6989.72-2009.
- Alaerts, G. dan S.S Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya.
- Asgher, M., Javaid, M. A., Rahman, S.U., and Legge, R.L., 2007. A Thermostable α -Amylase From A Moderately Thermophilic *Bacillus subtilis* Strain For Starch Processing. *J. of Food Engineering*, 79(3): 950–955.
- Bal, A.S. and Dhogat, N.N., 2001. Uplow Anaerobic Sludge Blanket Reactor A Review. *J. Indian Environmental Health*, Vol. 43 No. 2: 1-82.
- Balch, W.E., *et al.*, 1977. *Acetobacterium*, a New Genus of Hydrogen Oxidizing, Carbon dioxide-Reducing, Anaerobic Bacteria. www.google.com. Diakses tanggal 22 September 2012.
- Benfield, L.D., 1980. Biological Process Design For Wastewater Treatment. Preaticce Hall Inc. Eglewood Cliff. New York.
- Bernfeld, P., 1955. *Amylases α and β : Methods in Enzymology I*. New York: Academic Pr.
- BPPT, 1997a. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. <http://www.enviro.bppt.go.id> (diakses tanggal 5 Mei 2012).

- BPPT, 1997b. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob. <http://www.enviro.bppt.go.id> (diakses tanggal 5 Mei 2012).
- Callander, I.J and Barford, J.P., 1983. Recent Advance in Anaerobic Digestion Technology. www.google.com. Diakses tanggal 22 September 2012.
- Clesceri L.S., A. E. Greenberg, and A.D. Eaton. 1998. Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20th edition. APHA. 1015 fifteen Street Washington D.C.
- Clesceri L.S., A. E. Greenberg, and A.D. Eaton. 2005. Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater. 21th edition. APHA. 1015 fifteen Street Washington D.C.
- Costerton, J.W., Lewandowski, Z., Caldwell, D.W., Korber, and Scott, L.H.M., 1995. Microbial Biofilm, Annual Review of Microbiology, USA. Vol. 49, pp:711-745.
- Costa, M.A. and Peralta, R.M., 1999. Production of Lipase by Soil Fungi and Partial Characterization of Lipase from a Selected Strain (*Penicillium wortmanii*). *J. Basic Microbiol*, 39: 11-15.
- Darmawan, B., 1998. Studi Penggunaan Bahan Media Biofilter untuk Menurunkan Material Organik pada Pengolahan Buangan Industri dalam Hadi, W. Dan santoso, B., 2000. Biofiltrasi Air Kali Tengah sebagai alternatif Peningkatan Kualitas Sumber Daya Air. *Majalah IPTEK*, Vol. 11 No. 3, pp 133-139.
- Davey, M.E. and O'toole, G.A., 2000. Microbial Biofilm: From Ecology to Molecular Genetics. *Microbiology and molecular Biology Review* 64 (4): 847-867.
- Eckenfelder, W.W., 1989. *Industrial Water Pollution Control*, 2nd ed. Mc Graw Hill Inc., New York.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fakhrizal, 2004. Mewaspadaai Bahaya Limbah Domestik di Kali Mas. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. www.google.com. Diakses tanggal 22 Oktober 2012.
- Gasparikova, E., *et al.*, 2005. Evaluation of Anaerobic-Aerobic Waste Water Treatment Plant Operations. *Journal of Environmental Studies* 14(1):29-34.
- Ginting, P., 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. CV Yrama Widya. Jakarta.
- Grady, L.C.P. and C.H. Lim. 1980. *Biological Waste Water Treatment*. New York: Pollution Engineering and Technology.
- Hadi, A. 2007. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hanifah, T.A., dkk., 1999. Evaluasi Kandungan Ligam Berat Timbal dan Kadmium dalam Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang Dipupuk Sampah Kota. *Buletin ilmiah Gakuryoku*. Volume V (1):38-45.

- Hammer, M.J., 1989. *Water and Wastewater Technology* 5th ed. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River. New Jersey 07458.
- Harmayani, K. D. dan I.G.M. Konsukartha, 2007. Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik Di Lingkungan Kumuh. *Jurnal Permukiman Natak*. Vol. 5., No. 2, 2007: 62-108.
- Herlambang, A., 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri: Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi BPPT dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Samarinda.
- Hindarko, S., 2003. *Mengolah Air Limbah : Supaya Tidak Mencemari Orang Lain*. ESHA, Jakarta.
- Husin, A., 2008. *Pengolahan Limbah cair Industri Tahu Menggunakan Biji Kelor (Moringa oleifera Seeds) sebagai Koagulan*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Fakultas Teknik, USU.
- Lee, C.C. and Lin S.D., 2000. *Handbook of Environmental Engineering Calculation* McGraw-Hill. New York.
- Lita, V., 2008. *Perancangan Bangunan Instalasi Pengolahan Grey Water Kawasan Apartemen (Studi Kasus: Raguna Epicentrum)*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Manahan, S. E., 2005. *Environmental Chemistry*. CRC Press. United States of America.
- Manik, K.E.S., 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Djambatan. Jakarta.
- Marshall, K.C., 1992. *Biofilm: An Overview of Bacterial Adhesion, Activity and Control at Surface*, dalam jamilah, I., Syafruddin, I., dan Mizawati, 1998. *Pembentukan dan Kontrol Biofilm Aeromonas hydrophila pada Bahan Plastik dan Kayu*, Laporan Penelitian USU, Medan.
- Marsono, B.D. 1996. *Teknik Pengolahan Air Limbah secara Biologis*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- MetCalf and Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, 4th ed., Graw Hill International Ed., New York.
- Naibaho, P.M., 1996. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Nugroho, R., Ikbal, dan Sulasmi, N., 2006. *Pengolahan Limbah Cair Industri*. JAI 4(1):28-37.
- Parkin, G.F. and Owen, W.E. 1986. *Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludge*, dalam Rittman, B.E., and McCarty, P.L., 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw Hill International Ed., New York.
- Rahadi, A.E. dan Kardena, E., Tanpa Tahun. *Kualitas Air Pada Proses Pengolahan Air Minum Di Instalasi Pengolahan Air Minum Lippo Cikarang*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

- Ramalho, A.S., 1983. *Introduction to Wastewater Treatment Process*, 2nd ed., Academic Press, New York. Pp: 419-433.
- Ridlo, R. 1996. Simulasi Model fermentasi Metana secara Anaerobik. *Alami* (1): 2.
- Pujiastuti, P., 2009. Perbandingan Efisiensi Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Secara Aerasi, Flokulasi, Biofilter Anaerob dan Biofilter Anaerob-Aerob Ditinjau dari Parameter BOD5 dan COD. *Biomedika* 2(1):52-63.
- Rittman, B.E., and McCarty, P.L., 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw Hill International Ed., New York.
- Said, N.I. dan Ineza, 2002. Uji Performance Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biofilter Tercelup. BPPT. Jakarta.
- Said, N.I., 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi, dan Teknologi Pengolahan"*. BPPT. Jakarta.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., and Parkin, G.F., 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*, dalam MetCalf and Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, 4th ed., Graw Hill International Ed., New York.
- Sharma, R., Chisti, Y., and Banerjee, U.C., 2001. Production, Purification, Characterization, and Application of Lipase. *J. Biotechnology Advances*, 19, 627-662.
- Schmidt, J.E. and Ahring, K., 1996. Granular Sludge Formation in UASB Reactors. www.google.com. Diakses 22 September 2012.
- Siregar, S. A., 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah: Menuntaskan Pengenalan Alat-alat dan Sistem Pengolahan Air Limbah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Speece, R.E., 1983. Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment dalam BPPT, 1997a. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. <http://www.enviro.bppt.go.id> (diakses tanggal 5 Mei 2012).
- Soeparman, M. dan Suparmin, 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair: Suatu Pengantar*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Sosrodarsono, S. dan Tominaga M., 2006. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI-PRESS. Jakarta.
- Suryo, Y. 2009. Aplikasi Rotary Biological Contactor untuk Menurunkan Polutan Limbah Cair Domestik Rumah Susun Wonorejo Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Implementasi Teknologi Informasi dalam Pengembangan Industri Pangan, Kimia, dan Manufaktur*. FTI dan LPPM UPN Veteran Jawa Timur.

- Sutiyoso dan Rahayu, S., 2002. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan: Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi BPPT dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Samarinda.
- Suyanto, B., 2010. Rancang Bangun Rotating Biological Contractor (RBC) dengan Menggunakan Media Polyvinyl Chloride (PVC) untuk Menurunkan Kadar Amoniak. Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes I(3).
- Tobing, P.L. 1989. Pengendalian dan Pengoperasian Limbah PKS, Lembaran Teknik PPKS Medan, edisi 1, halaman 1-11.
- Tobing, P.L. dan Loebis, S., 1994. Penggunaan Betagen-Rispa untuk Pendalian Limbah Pabrik Kelapa Sawit, Berita PPKS, Vol 2.
- Veenstra, 1995. Wastewater Treatment. IHE Delf.
- WEF, 2000. Aerobic Fixed Growth Reactors, dalam MetCalf and Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, 4th ed., Graw Hill International Ed., New York.
- Zaitun, 1999. Efektivitas Limbah Industri Tapioka Sebagai Pupuk Cair. Tesis Penegelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor .
- Young, J. C., 1991. Factors Affecting the Design and Performance of Upflow Anaerobic Filters, dalam MetCalf and Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, 4th ed., Graw Hill International Ed., New York.

Lampiran 1. Debit Limbah Cair Domestik

Hari/Tanggal	Hari ke-	Volume Wadah (V)	Waktu (t1)			Waktu (t2)			Waktu rata-rata (t)			Debit (Q)			Debit (Q)					
			dt			dt			dt			m3/dt			m3/hari					
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Jumat, 2 Maret 2012	1	0,001	17,82	10,14	21,50	17,98	8,98	7,40	17,90	9,56	14,45	0,000056	0,000099	0,000069	4,83	8,52	5,98			
Sabtu, 3 Maret 2012	2	0,001	9,00	12,58	34,00	10,36	17,29	27,00	9,68	14,94	30,50	0,000103	0,000079	0,000033	8,93	6,87	2,83			
Minggu, 4 Maret 2012	3	0,001	94,00	18,91	99,00	0,00	20,80	98,00	47,00	19,86	98,50	0,000021	0,000053	0,000010	1,84	4,57	0,88			
Senin, 5 Maret 2012	4	0,001	10,31	11,50	22,30	9,87	10,00	21,09	10,09	10,75	21,70	0,000099	0,000087	0,000046	8,56	7,51	3,98			
Selasa, 6 Maret 2012	5	0,001	25,00	15,40	14,92	10,00	8,52	10,97	17,50	11,96	12,95	0,000057	0,000065	0,000077	4,94	5,61	6,67			
Rabu, 7 Maret 2012	6	0,001	16,89	19,09	10,00	14,57	23,07	22,00	15,73	21,08	16,00	0,000064	0,000052	0,000063	5,49	4,53	5,40			
Kamis, 8 Maret 2012	7	0,001	27,08	39,75	15,05	25,07	27,84	17,08	26,08	33,80	16,07	0,000038	0,000025	0,000062	3,31	2,17	5,38			
Jumat, 9 Maret 2012	8	0,001	12,03	8,61	17,08	13,08	10,10	20,09	12,56	9,36	18,59	0,000080	0,000116	0,000054	6,88	10,03	4,65			
												Debit (Q) (m3/hari)						5,60	6,23	4,47

Keterangan:

- I 09.00-10.00 WIB
 II 14.00-15.00 WIB
 III 20.00-21.00 WIB

Lampiran 2. Suhu (° C) dan pH Limbah Cair Domestik

Hari/Tanggal	Hari ke-	T (° C)			pH		
		I	II	III	I	II	III
Jumat, 2 Maret 2012	1	29	29	31,5	6	6	5
Sabtu, 3 Maret 2012	2	26	28	29	6	6	6
Minggu, 4 Maret 2012	3	29	29	30	6	6	6
Senin, 5 Maret 2012	4	28	29,5	28	6	5	6
Selasa, 6 Maret 2012	5	28	29	26	6	6	6
Rabu, 7 Maret 2012	6	28	30	29	5	6	6
Kamis, 8 Maret 2012	7	30	29	30	6	6	6
Jumat, 9 Maret 2012	8	30	29	28	6	6	6

Keterangan:

- I 09.00-10.00 WIB
- II 14.00-15.00 WIB
- III 20.00-21.00 WIB

Lampiran 3. Karakteristik Limbah Cair Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Uji			Acuan Metode
				30/05/2012	03/09/2012	05/09/2012	
I. FISIKA							
1.	Suhu	° C		30	29-30	29	SNI 06-6989.23-2005
2.	TSS	mg/L	100	3820,00	248,00	2086,00	Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 2540-D
3.	pH		6-9	6	6	6	
II. Kimia							
1.	NH3-N (Amonia Total)	mg/L	10	4,26	17,47	10,56	SNI 06 6989.30-2005
2.	Minyak dan Lemak	mg/L	10	<1,05	18189,20	17533,70	US EPA 1664, Tahun 1999
3.	BOD5	mg/L	100	154,40	296,30	1163,30	SNI 6989.72-2009
4.	COD	mg/L	100	384,00	704,00	2912,00	Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 5220 C
5.	Zat Organik (KMnO4)	mg/L	85	750,50	142,20	429,76	SNI 06-6989.22-2004

Lampiran 4. Hasil Analisis Karakteristik Limbah Cair Domestik setelah Proses di Biofilter Anaerob-Aerob

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Inlet		Outlet						Acuan Metode				
				05/09/2012		12/09/2012		14/09/2012		17/09/2012			20/09/2012		24/09/2012	
				A	B	A	B	A	B	A	B		A	B	A	B
I. FISIKA																
1.	Suhu	° C		29,00										SNI 06-6989.23-2005		
2.	TSS	mg/L	100	2086,00	44,00	92,00	116,00	23,60	59,00	190,00	126,00	122,00	180,00	172,00	Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 2540-D	
3.	pH		6-9	6,00												
II. Kimia																
1.	NH3-N (Amonia Total)	mg/L	10	10,56	29,16	21,77	44,50	39,90	18,34	23,48	26,39	32,29	8,47	24,67	SNI 06 6989.30-2005	
2.	Minyak dan Lemak	mg/L	10	17533,70	1,80	12,70	6,30	11,30	7,20	8,10	27,70	16,70	49,90	8,70	US EPA 1664, Tahun 1999	
3.	BOD5	mg/L	100	1163,30	101,60	281,10	281,60	342,50	266,40	389,30	115,60	198,60	127,60	203,10	SNI 6989.72-2009	
4.	COD	mg/L	100	2912,00	256,00	704,00	624,00	928,00	688,00	912,00	288,00	448,00	304,00	512,00	Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 5220 C	
5.	Zat Organik (KMnO4)	mg/L	85	429,76	221,20	584,60	366,56	353,92	246,48	259,12	164,32	259,12	347,60	328,64	SNI 06-6989.22-2004	

Keterangan:

A Dengan penambahan bakteri potensial

B Tanpa penambahan bakteri potensial

Lampiran 5. Hasil Analisis Karakteristik Limbah Cair Domestik di Biofilter Anaerob-Aerob pada Pengamatan ke-1

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Uji										Acuan Metode	
				Inlet		Anaerob 1		Anaerob 2		Aerob		Outlet			
				A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
I. FISIKA															
1.	Suhu	° C		29,00											SNI 06-6989.23-2005
2.	TSS	mg/L	100	2086,00	594,00	202,00	62,00	120,00	72,00	118,00	44,00	92,00			Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 2540-D
3.	pH		6-9	6	5	5	5	5	6	6	6	6			
II. Kimia															
1.	NH3-N (Amonia Total)	mg/L	10	10,56	20,65	21,33	27,29	26,40	25,75	23,82	29,16	21,77			SNI 06 6989.30-2005
2.	Minyak dan Lemak	mg/L	10	17533,70	1009,70	196,50	7,20	123,30	5,90	23,20	1,80	12,70			US EPA 1664, Tahun 1999
3.	BOD5	mg/L	100	1163,30	608,50	716,80	266,00	265,30	211,00	321,80	101,60	281,10			SNI 6989.72-2009
4.	COD	mg/L	100	2912,00	1520,00	1792,00	608,00	736,00	544,00	800,00	256,00	704,00			Std. Methods Ed. 21 Th 2005 bag. 5220 C
5.	Zat Organik (KMnO4)	mg/L	85	429,76	252,80	616,20	316,00	360,24	366,56	189,60	221,20	584,60			SNI 06-6989.22-2004

Keterangan:

- A Dengan penambahan bakteri potensial
B Tanpa penambahan bakteri potensial

Lampiran 6. Sarana

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap pendahuluan, pengambilan, data dan analisis data. Kegiatan yang pertama dari tahap pendahuluan adalah pengukuran debit di lokasi sampling, yaitu di area pengumpulan limbah cair domestik Restoran Sederhana Rumah Makan Padang, Jl Kertajaya Indah 100 Surabaya. Di lapangan, peneliti dibantu oleh staf dari restoran dan mahasiswa sebagai pelaksana lapangan. Bantuan ini, mendukung kelancaran proses pengukuran debit dan sampling (Tahap kedua). Sarana yang menunjang adalah:

No.	Sarana	Kapasitas	Daya dukung/Kemampuan	Persentase Menunjang Penelitian
1.	Bak Pengumpul Limbah Cair Domestik Restoran Sederhana	-	Baik	100%

Tahap selanjutnya, meliputi pengambilan dan analisis data. Analisis sampel dilakukan di laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Unair dan Laboratorium Laboratorium Uji Kualitas Lingkungan BLH Propinsi Jatim, Wisata Menanggal No. 38 Surabaya. Fasilitas yang digunakan, meliputi:

No.	Sarana	Kapasitas	Daya dukung/Kemampuan	Persentase Menunjang Penelitian
1.	Laboratorium Lingkungan, Mikrobiologi, dan Histologi, Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi	-	Baik	100%
2.	Laboratorium Kimia Fisik, Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi	-	Baik	100%
3.	Laboratorium Uji Kualitas Lingkungan BLH Propinsi Jatim, Wisata Menanggal No. 38 Surabaya Menular (BTKL), Jl Sidoluhur No. 12 Surabaya.	-	Baik	100%

Laboratorium di Fakultas Sains dan Teknologi, mendukung kelancaran penelitian karena pemakaian ruang dan alat laboratorium yang lengkap dengan waktu pemakaian yang tidak dibatasi. Sarana yang menunjang penelitian yang dimiliki adalah:

No.	Jenis Peralatan	Kegunaan	Kemampuan	Lokasi
1	Mikroburet	Analisis	Baik	Laboratorium Lingkungan, Mikrobiologi, dan Histologi, Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi
2	Labu ukur	Alat ukur	Baik	
3	Pipet volumetrik	Alat ukur	Baik	
4	Pipet ukur	Alat ukur	Baik	
5	Erlenmeyer	Analisis	Baik	
6	Tutup erlenmeyer	Analisis	Baik	
7	Gelas piala	Analisis	Baik	
8	Gelas ukur	Analisis	Baik	
9	Kompresor udara	Analisis	Baik	
10	pH meter	Analisis	Baik	
11	Gelas piala	Analisis	Baik	
12	Tabung reaksi	Analisis	Baik	
13	Tutup tabung reaksi	Analisis	Baik	
14	Botol semprot	Pembilas	Baik	
15	Lemari BOD	Analisis	Baik	
16	Pipet	Analisis	Baik	
17	Botol winkler	Analisis	Baik	
18	Buret mikro	Analisis	Baik	
19	Botol plastik	Wadah penyimpanan	Baik	
20	Sendok sungsu	Alat bantu	Baik	
21	Pengaduk glass	Pengaduk	Baik	
22	Botol kaca	Wadah penyimpanan	Baik	
23	Botol berwarna gelap	Analisis	Baik	
24	Sendok penakar	Alat ukur	Baik	
25	Meteran	Alat ukur	Baik	
26	Cool box	Alat penyimpanan	Baik	
27	Water sampler	Alat sampling	Baik	
28	Lemari es	Penyimpanan	Baik	
29	Termometer	Analisis	Baik	
30	DO meter	Analisis	Baik	
31	Stopwatch	Alat ukur	Baik	

Lampiran 7. Biodata Peneliti**I. IDENTITAS DIRI**

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Nita Citrasari, S.Si., M.T.	L/P
1.2	Jabatan Fungsional	-	
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	1982200812 2 002	
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Kediri, 2 Agustus 1982	
1.5	Alamat Rumah	Perum ITS Jl T. Kelautan 12 Blok T-83 Keputih Sukolilo Surabaya 60111	
1.6	Nomor Telepon/Faks	-	
1.7	Nomor HP	08123123094	
1.8	Alamat Kantor	Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Kampus C Unair Jl Mulyorejo 60115	
1.9	Nomor Telepon/Faks	(031) 5926804/(031) 5926804	
1.10	Alamat e-mail	tata_its@yahoo.com	
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1 Pengolahan Limbah secara Mikrobiologi 2 Manajemen Limbah Padat 3 Praktikum Mikrobiologi Lingkungan 4 Bioteknologi Lingkungan 5 Praktikum Metode dan Analisis Lingkungan 6 Mekanika Tanah dan Hidrogeologi 7 Manajemen Sumber Daya Air 8 Pengelolaan Limbah B3 9 Manajemen Kualitas dan Sumber Daya Air	

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	ITS	ITS	-
2.3 Bidang Ilmu	Biologi (Mikrobiologi)	Teknik Lingkungan (Pengolahan Limbah secara Mikrobiologi)	-
2.4 Tahun Masuk	2000	2006	-
2.5. Tahun Lulus	2005	2008	-
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Analisis Angka Lempeng Total pada Makanan Olahan di Kantin Pusat ITS Surabaya	Studi Komparasi Pengolahan Limbah Industri Batik Tenun Gedog Tuban dengan Cara Fisik-Kimia dan Biologi	-
2.7. Nama Pembim- bing/ Promotor	1. Endry Nugroho Prasetyo, S.Si., M.T. 2. Nengah Dwi Anita Kuswitasari, S. Si., M.T.	1. Prof. Yulinah Trihadiningrum, MappSc. 2. Ir. Agus Slamet, M. Sc	-

III. PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2011	Analisis Laju Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik Sampah di Fakultas Sains dan Teknologi Unair	Unair	7
2.	2011	Efisiensi Pengolahan Anaerob-Aerob pada Air Limbah Kantin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga	Unair	7
3.	2010	Kajian Karakteristik Air Limbah Kantin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga	Unair	5

IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2010	Peningkatan Kompetensi Guru Sekolah Menengah Atas (SMA) Bidang Biologi	Unair	16
2.	2010	Penyuluhan Penjernihan Air dalam rangka KKN BBM Unair ke-41	Unair	5
3.	2010	Pelatihan Teknik Identifikasi Mikroba bagi Staf Quality Control (QC) Pada Industri Minuman	Unair	7
4.	2010	Pelatihan Teknik Pengolahan Sampah Pasar Menjadi Pupuk Kompos Bagi Pasukan Kuning di Surabaya	Unair	7

V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	-	-	-	-

VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	2011	<i>Water Supply Management system and Social Capital Vol. 2: Relationship between open green sapece and ground water quality in the Surabaya</i>	15	ITS

VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

VIII. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1.	-	-	-	-

I. IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Nur Indradewi Oktavetri, S. T., M. T.	L/P
1.2	Jabatan Fungsional	-	
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19831001 200812 2008	
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 1 Oktober 1983	
1.5	Alamat Rumah	Jl. Klampis Aji II/33, Surabaya	
1.6	Nomor Telepon/Faks	(031) 5991739	
1.7	Nomor HP	08165411119	
1.8	Alamat Kantor	Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo Surabaya	
1.9	Nomor Telepon/Faks	(031) 5926280	
1.10	Alamat e-mail	nur i d o@yahoo.com	
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1. Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan 2. Sistem Penyaluran Air Buangan dan Drainase 3. Metode dan Teknik Analisis Lingkungan 4. Mekanika Fluida 5. Mekanika Tanah dan Hidrogeologi	

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	ITS	ITS	-
2.3 Bidang Ilmu	Teknik Lingkungan	Teknik Industri	-
2.4 Tahun Masuk	2001	2006	-
2.5. Tahun Lulus	2005	2008	-
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Perencanaan Pengolahan Air Kali Surabaya Untuk Memenuhi Kebutuhan Kebun Binatang Surabaya	Analisis manajemen risiko lingkungan limbah beracun berbahaya dan beracun (b3) berdasarkan penilaian risiko dengan <i>fuzzy analytical hierarchy process (fahp)</i> (studi kasus : lumpur b3 pt. A dan pt. B)	-

III. PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2011	Efisiensi Pengolahan Air Limbah Anaerob-Aerob Pada Air Limbah Kantin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga	Hibah Penelitian FSaintek Unair	7
2.	2010	Kajian Karakteristik Air Limbah Kantin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga	RKAT FSaintek-Unair	5
3.	2010	Hubungan antara kualitas air tanah dan tata guna lahan	Mandiri	2

IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2010	Penyuluhan Penjernihan Air	Unair	5
2.	2010	Peningkatan kompetensi Guru Sekolah Menengah Atas (SMA) Bidang Biologi	Unair	16
3.	2010	Pelatihan Teknik Identifikasi Mikroba Bagi Staf <i>Quality Control (QC)</i> Pada Industri Minuman	Unair	7
4.	2010	Pelatihan Teknik Pengolahan Sampah Pasar Menjadi Pupuk Kompos Bagi Pasukan Kuning di Suarabaya	Unair	7

V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
-	-	-	-	-

VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	2011	<i>Water Supply Management System and Social Capital Vol. 2: Relationship between open green space and ground water quality in the Surabaya</i>	15	ITS

VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

VIII. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1.	-	-	-	-

I. IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Mochamad Zakki Fahmi, S.Si, M.Si.	L/P
1.2	Jabatan Fungsional	-	
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19830702 200912 1 005	
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 02 Juli 1983	
1.5	Alamat Rumah	Jl. Sunan Giri VI/6 Kebomas Gresik	
1.6	Nomor Telepon/Faks	(031) 60558664	
1.7	Nomor HP	08563400832/	
1.8	Alamat Kantor	Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Kampus C Unair Jl Mulyorejo 60115	
1.9	Nomor Telepon/Faks	-	
1.10	Alamat e-mail	only4_zecg@yahoo.com	
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1 Kimia Fisik 2 2 Kimia Fisik 4 3 Kimia Komputasi	

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	ITS	ITS	-
2.3 Bidang Ilmu	Kimia Fisik	Kimia Non-hayati	-
2.4 Tahun Masuk	2005	2007	-
2.5. Tahun Lulus	2007	2009	-
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Pengaruh Agen Pengikat terhadap Kuat Tarik Perekat Berbahan Dasar Akriat serta Degradasi Termalnya	Pola Hubungan Rasio SiO ₂ /Na ₂ O Terhadap Mikrostruktur Geopolimer Berbahan Dasar Abu Layang	-
2.7. Nama Pembimbing/ Promotor	Drs. Hendro, M. Si.	Lukman Atmaja, Ph. D	-

III. PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	-	-	-	-

IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	-	-	-	-

V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	2009	<i>Relationship Pattern between SiO₂/Na₂O Ratio with Microstructure of Fly Ash Based Geopolymer</i>	ISBN: 978-979-19201-0-0	<i>the First International Seminar on Science and</i>

				<i>Technology (ISSTEC)</i>
2.	2007	Pengaruh Agen Pengikat Silang terhadap Kuat Tarik Perekat Berbahan Dasar Akrilat serta Degradasi Termalnya	Vol. 3 Hal 37 - 42	Akta Kimindo

VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	-	-	-	-

VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

VIII. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

Urutkan judul rumusan kebijakan/rekayasa sosial lainnya yang pernah dbuat/ditemukan selama 5 tahun terakhir.

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1.	-	-	-	-

I. IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Drs. Agus Supriyanto, M. Kes	L/P
1.2	Jabatan Fungsional	Lektor	
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19620824 198903 1002	
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 24 Agustus 1962	
1.5	Alamat Rumah	Jl Marina Emas Timur IV/15 Surabaya	
1.6	Nomor Telepon/Faks	-	
1.7	Nomor HP	081331392469	
1.8	Alamat Kantor	Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Kampus C Unair Jl Mulyorejo 60115	
1.9	Nomor Telepon/Faks	(031) 5926804/(031) 5926804	
1.10	Alamat e-mail	agussupriyanto@unair.ac.id	
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1 Pengolahan Limbah secara Mikrobiologi	
		2 Biokonversi	
		3 Mikrobiologi Lingkungan	
		4 Mikrobiologi Terapan	
		5 Ekologi Mikroba	
		6 Mikrobiologi 1	
		7 Mikrobiologi 2	
		8 Bakteriologi	
		Mikrobiologi Medis	
		Fitopatologi	
		Mikrobiologi Umum	
		Mikologi	
		Mikrobiologi Pangan	
		Teknik Analisis Mikroba	
		Bakteriologi	
		Mikrobiologi Industri	
		Praktikum Bakteriologi	
		Praktikum Mikologi	
		Praktikum Mikrobiologi Umum	
		Praktikum Mikrobiologi Medis	
		Praktikum Biologi Dasar 1	
		Praktikum Biologi Dasar 2	
		Praktikum Mikrobiologi Terapan	
		Praktikum Teknik Analisis Mikroba	

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	Unsoed Purwokerto	Unair	-
2.3 Bidang Ilmu	Biologi	Mikrobiologi	-
2.4 Tahun Masuk	1981	1999	-
2.5. Tahun Lulus	1986	2001	-
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi			
2.7. Nama Pembimbing/ Promotor			

III. PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2010	Eksplorasi Bakteri Azospirillum pada Tanah dikawasan Mangrove Wonorejo	FST Unair	5
2.	2010	Efektivitas Biofertilisasi Konsorsium Mikroba pada Tanaman Kacang Koto (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Pangan dari Bahan Kimia	Stranas	100
3.	2009	Inokulasi Rhizofir Tumbuhan dengan Konsorsium Mikroba Rhizofir Terseleksi ; Pengembangan Rheologi Budi Daya Tumbuhan yang Efektif dan Efisien	Stranas	100

IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2006	Pelatihan Mikrobiologi	RKAT Departemen	10
2.	2007	Microbiology on Beverage Industry	RKAT Departemen	7
3.	2007	Analisis dan Produksi Pupuk Hayati	Petrokimia Kayaku	10
4.	2008	Microbiology on Beverage Industry	Cocacola Indonesia	10
5.	2009	Pelatihan Bagi Pendidik untuk memenuhi standar kompetensi guru SMA dan SMK	Dindik Sby dan FST Unair	7
6.	2009	Identifikasi Bakteri Koliform Fekal dan non fekal	Wismilak dan Biologi	7
7.	2009	Pelatihan Identifikasi Mikroba bagi staf QC pada Industri Munuman	FST Unair	7
8.	2009	Pelatihan Pengolahan Sampah Pasar menjadi Pupuk Kompos	FST Unair	7
9.	2009	Pelatihan Pengelolaan Alat dan Bahan Lab. Mikrobiologi bagi Laboran UNESA	Unesa dan FST Unair	7
10.	2009	Pelatihan persiapan Olimpiade Sains Nasional untuk SMP Gresik dan Parepare	Puslit Kediri PTPN X (Persero)	10
11.	2009	Pelatihan Pembuatan Kompos dengan Mikroba	Puslit Kediri PTPN X (Persero)	10
12.	2009	Pelatihan Pengelolaan Alat dan Bahan Lab. Mikrobiologi bagi Laboran UNESA	Unesa dan FST Unair	7

V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	2008	Concentration of Pathogenic bacteria and trace metals in bivalve andara granosa Harvested from East java Coast indonesia	3/4	Aktakemindo

VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	-	-	-	-

VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

VIII. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1.	-	-	-	-

