

**EVALUASI KINERJA REAKTOR
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)
DAN DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS)
DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK:
Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi Jakarta Selatan**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains


**NURHADI
0806447671**



**UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
KEKHUSUSAN PROTEKSI LINGKUNGAN
JAKARTA
NOVEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**



Nama : Nurhadi
NPM : 0807447671
Tanda Tangan : *Nurhadi*
Tanggal : 31 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Judul Tesis: *EVALUASI KINERJA REAKTOR UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB) DAN DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK:*

Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan

Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh Komisi Penguji Program Studi Kajian Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia pada tanggal 3 Januari 2011 dan telah dinyatakan **LULUS** ujian komprehensif dengan yudisium **SANGAT MEMUASKAN**.

Jakarta, 3 Januari 2011

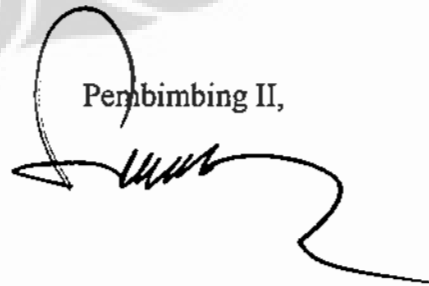
Mengetahui,
Ketua Program Studi
Ilmu Lingkungan UI

Tim Pembimbing
Pembimbing I,



Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA.

Pembimbing II,



Prof. dr. Haryoto Kusnopranto, SKM, Dr.PH.

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Nurhadi
NPM : 0807447671
Program Studi : Kajian Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : **EVALUASI KINERJA REAKTOR UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB) DAN DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK:**
Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Kajian Ilmu lingkungan, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA
(Ketua Sidang)

Pembimbing II : Prof. dr. Haryoto Kusnopranto, SKM, Dr.PH

Penguji : Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi
(Sekretaris Sidang)

Penguji Ahli : Prof. Dr. Ir. Sulistiyoweni Widanarko, SKM

Penguji Ahli : Prof. Dr. Ir. Roekmijati W. Soemantojo, MSi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 3 Januari 2011

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Nurhadi
Tempat/tgl lahir : 1 Desember 1978
Agama : Islam
Alamat : Margonda Ry Gg. H Saih No. 14, Depok Jawa Barat
Pendidikan : SD- Cawang III – Jakarta –
SMPN 20 Jakarta
SMA PB Soedirman Jakarta
Sarjana Kimia – Institut Pertanian Bogor
Pekerjaan : PT. Ekasurya Mutiara
Staf DPR RI (Komisi IV)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan nikmatnya yang terlimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini yang berjudul *Evaluasi Kinerja Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) dan Downflow Hanging Sponge (DHS) Dalam Mengolah Air Limbah Domestik: Kajian Terhadap Kualitas Air Limbah Domestik Di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan*. Tesis ini disusun untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) pada Program Pascasarjana, Program Studi Ilmu Lingkungan.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan tesis ini tidaklah mudah. Oleh karena itu penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA selaku Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan serta selaku Pembimbing I atas bimbingannya dan telah mempercayakan proyek JICA kepada penulis.
2. Prof. DR. Dr. Haryoto Kusnoputranto selaku pembimbing II yang dengan penuh kesabaran telah memberi banyak masukan.
3. DR. Dr. Tri Edhi Budhi Soesilo serta seluruh Dosen PSIL, Bu Erni, Bu Irna, Pak Udin, Mas Nasrul, Mas Juju, Mas Ricky, Bu Mido.
4. Rekan-rekan se angkatan XXVII (27 B - malam) tahun 2008 PSIL, Alfitri Yulharnida, Ary Sulistiyo, Anggita Dhini Rarastri, Monang Dabukke, Deny Nuryadi, Prasetyo Wicaksono, Ratu Ekky Zakiyah, Fakhruddin Mustafa, Ayu Satya Damayanti, Asih Widiastuti, Yoga Maryanto.
5. Rekan-rekan dari JICA Prof. Ohashi, Prof. Utchida, Prof. Yamashita, dan dari University Prof. Kindaichi, Hiroshima Hiroya Koderu, Shinichi Abe, Maturaa, Awata, Joe Khaerudin.
6. Rekan-rekan dari PD. PAL Jaya Bp. Ir. Hendri Sitohang M.Sc, Ibu Rahmawati, Mba Ana, Pak Marlan, Mba Mar, Pak Ramos, Pak Endri, Pak Dede, Pak Tarjo, Pak Budi, Mba Adri.

7. Keluarga, Orang tua penulis H. Usman Ratdi (alm) dan Hj. Etjah Ranesah, Istri tersayang Mimi Salminah S. Hut yang dengan penuh kasih sayang dan kesabarannya menguatkan penulis dalam menempuh program master, bidadari kecilku Jehan Faiqatuzzihni dan Fathiyya Amayra Az Zahra, semua kakak-kakak Hj. Sari Ernawati, Dwi Widiawati, Hernadi Ranesah Putera, Rini Tetrawati, Toha Syamsudin, H. Syamsu Hilal, M. Ridwan, Aki Aruman, dan Mimih Warnita dan semua pihak yang telah membantu penulis.

Akhir kata, saya berharap Allah membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi penulis dan pembaca untuk pengembangan ilmu dan kebaikan dunia-akhirat.

Depok, Oktober 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurhadi
NPM : 0807447671
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Departemen : Pasca sarjana
Jenis Karya : Tesis


demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

EVALUASI KINERJA REAKTOR *UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET* (UASB) DAN *DOWNFLOW HANGING SPONGE* (DHS) DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK: Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi Jakarta Selatan

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di:
Pada Tanggal:
Yang menyatakan


(Nurhadi)

ABSTRAK

Nama : Nurhadi
Program studi : Kajian Ilmu Lingkungan
Judul : Evaluasi Kinerja Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) dan *Downflow Hanging Sponge* (DHS) dalam Mengolah Air Limbah Domestik: Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan

Tesis ini membahas kemampuan unit pengolahan limbah UASB, UASB-DHS dan DHS dalam menyisihkan pencemar di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif, dan data diperoleh dari penelitian parameter kualitas air di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan teknologi kombinasi UASB-DHS mampu menyisihkan pencemar paling baik diikuti dengan sistem pengolahan tunggal DHS. Berdasarkan pertimbangan kesesuaian, kapabilitas teknologi, lahan tersedia, serta kelayakan finansial, satu unit *pilot project* teknologi DHS dapat dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan.

Kata Kunci:

Pencemar, air limbah, pengolahan air, teknologi, UASB, DHS

ABSTRACT

Name : Nurhadi
Study Program : Environmental Studies
Title : Evaluation of Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) and Downflow Hanging Sponge (DHS) Reactor Performance in Reducing Domestic Sewage: Water Quality Studies in Setiabudi Reservoir, South Jakarta

The focus of this study is to research capability of wastewater treatment units UASB, UASB-DHS and DHS for reducing contaminant in Setiabudi reservoir in South Jakarta. The purpose of this study is to determine the best technology for reducing contaminant. This research is quantitative descriptive interpretive, and the data were collected by researching in laboratory. The result of this study shows that technology combination of UASB-DHS is the best for reducing contaminant. Based on suitability considerations, technological capability, land available, as well as the financial feasibility, a unit of DHS technology can be built as a pilot project in South Jakarta Setiabudi Reservoir.

Key words:

Contaminant, wastewater, water treatment, technology, UASB, DHS

RINGKASAN

Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Indonesia
Tesis, November 2010

A. Nama Penulis tesis: Nurhadi

B. Judul Tesis :EVALUASI KINERJA REAKTOR *UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET* (UASB) DAN *DOWNFLOW HANGING SPONGE* (DHS) DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK: Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi Jakarta Selatan

C. Jumlah halaman: xxv + 108; ilustrasi: tabel 28, gambar 12, dan lampiran 35

D. Isi Ringkasan:

Kondisi sanitasi dan air bersih di DKI Jakarta sangat memprihatinkan, tingginya aktivitas memicu penggunaan sumberdaya air dan menghasilkan limbah cair yang mencemari. Penggunaan air mencapai 865,80 juta m³ per tahun (BPLHD, 2008), tanpa diiringi kemampuan mengolah air limbah di DKI Jakarta. Kondisi ini diperparah dengan rendahnya kemampuan PDAM sebagai penyedia air bersih baru dinikmati oleh sekitar 65,5 % warga DKI Jakarta, sedangkan 34,5%-nya nonleading (BPS, 2008 dalam BPLHD, 2008). Akibatnya, penggunaan air tanah semakin besar dan semakin tercemari karena minimnya upaya mengolah air limbah. Mengolah air limbah di Waduk Setiabudi menjadi salah satu upaya penting untuk meminimalisasi dampak yang dapat ditimbulkan oleh air. Sayangnya pemanfaatan teknologi kolam aerasi yang terdapat di Waduk Setiabudi menghadapi kendala fungsi ganda sebagai pengendali banjir dan pengolah air limbah. Akibatnya, pengolahan air limbah hanya mampu masuk baku mutu air limbah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai kepentingan.

Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui kualitas air Waduk Setiabudi, aliran Banjir Kanal Barat serta air tanah di Kecamatan Tebet dan Setiabudi sebagai daerah layanan PD. PAL Jaya (2) Mengevaluasi efektivitas kinerja kolam aerasi yang diterapkan oleh PD PAL Jaya, serta mengevaluasi kinerja teknologi usulan UASB, UASB-DHS dan DHS dalam memperbaiki kualitas air limbah di Waduk Setiabudi. (3) Menganalisis aspek teknologi, ekonomi, sosial dan sanitasi lingkungan dari teknologi yang diusulkan.

Variabel dalam penelitian ini adalah (1) Air limbah yang telah diolah oleh kolam aerasi di Waduk Setiabudi (2) Air limbah yang telah diolah oleh UASB, UASB-DHS, dan DHS, (3) air yang terdapat pada banjir kanal barat sebagai badan air penerima hasil olahan dari IPAL Waduk Setiabudi. Parameter air limbah yang digunakan berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005.

Parameter air baku air minum berdasarkan Permenkes 907 Tahun 2002, Pergub DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 dan PP No. 82 Tahun 2001.

Berdasarkan penelitian, kandungan pencemar air Waduk Setiabudi yang lebih tinggi dari pada air kanal banjir barat adalah COD 69,08 mg/l > COD 45,17 mg/l; zat organik 72,05 mg/l > 25,37 mg/l; MBAS 0,46 mg/l > 0,14 mg/l. Sedangkan kandungan air Waduk Setiabudi yang lebih kecil dari pada air banjir kanal barat adalah BOD 25,66 mg/l < 33,06 mg/l; zat padat tersuspensi 33,11 mg/l < 134,63 mg/l; NH₄-N 1,62 mg/l < 3,61 mg/l; dan minyak-lemak 0,18 mg/l < 0,21 mg/l. Kandungan bakteri *coliform* air sumur dari Kecamatan Setiabudi (593 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (308 koloni/100 ml) yang berada di hilir lebih tercemar dari pada air sumur di Kecamatan Tebet (83 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (28 koloni/100 ml) yang berada di hulu.

Teknologi kolam aerasi yang digunakan di Waduk Setiabudi, teknologi gabungan UASB-DHS, dan DHS telah menunjukkan kemampuannya menyisihkan pencemar. Teknologi gabungan UASB-DHS menghasilkan air olahan yang lebih baik dibandingkan teknologi tunggal DHS. Teknologi gabungan UASB-DHS mampu menyisihkan pencemar air limbah hingga 25 dari 30 parameter air, masuk ke dalam air baku air minum. Teknologi tunggal DHS memiliki kemampuan lebih rendah yaitu 23 dari 30 parameter masuk ke dalam baku mutu air minum.

Teknologi DHS dengan HRT 6 jam mampu menyisihkan kandungan COD-total tertinggi (93,92%) diikuti dengan teknologi gabungan UASB-DHS (90,21%). Penyisihan COD-*soluble* tertinggi oleh teknologi tunggal DHS (HRT 10 jam) (82,77%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (79,90%). Penyisihan NH₄-N tertinggi oleh teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (97,75%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 10 jam) (95,79%).

Teknologi kolam aerasi mampu menyisihkan kandungan *Fecal coliform colony* hingga 99,06% merupakan tertinggi diikuti teknologi gabungan UASB-DHS sebesar 33,33%. Produksi gas metana teknologi UASB hanya sebesar 4,1%, sedangkan untuk menjadi bahan bakar yang baik harus di atas 50%. Rendahnya kinerja UASB diduga diakibatkan banyaknya zat toksikan yang menghambat kerja bakteri metanogen. Rendahnya kandungan gas metana menunjukkan teknologi UASB tidak layak dimanfaatkan di Waduk Setiabudi sebagai teknologi alternatif yang dapat mengolah air limbah serta memanfaatkan energinya. Berdasarkan pertimbangan kapabilitas teknologi, lahan tersedia, teknologi DHS lebih sesuai untuk dibangun di Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan.

Aspek yang memiliki pengaruh terhadap teknologi DHS sebagai teknologi yang diusulkan dalam mengolah air limbah Waduk Setiabudi.

a. Aspek Teknologi Pengolahan Air Limbah DHS

Diperlukan 80 unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³/hari untuk melayani penduduk di dua Kecamatan Tebet dan Setiabudi, dan akan membutuhkan lahan seluas 16.000 m² (± 200 m² per unit DHS). Unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³ dengan penggunaan lahan 200 m² dapat melayani 5.000 orang tanpa

mengubah penggunaan teknologi kolam aerasi yang di gunakan PD. PAL Jaya.

b. Aspek Sosial Pengolahan air Limbah DHS

Pengetahuan responden tentang letak perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya, didapati sebanyak 68 (53,96%) responden non-pelanggan mengetahui dan yang tidak mengetahui lebih kecil 58 (46,03%) responden. Responden pelanggan lebih banyak yang mengetahui nama perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya sebesar 107 (84,92%) dari pada pelanggan yang tidak tahu 19 (15,07%). Pengetahuan responden menjadi indikasi kepedulian masyarakat terhadap keberadaan IPAL Waduk Setiabudi. Masalah lainnya adalah lemahnya pengamanan dan sterilisasi kawasan Waduk Setiabudi karena hadirnya pekerja seks komersil (waria) pada malam hari. Kehadiran waria meresahkan warga dan memicu kriminalitas.

c. Aspek Sanitasi dan Lingkungan

Tercemarnya air tanah oleh bakteri *coliform* dapat menyebabkan diare, dekatnya sumur dengan tangki septik, dan aliran air dalam tanah turut membantu penyebarannya. Di Kecamatan Tebet sebagai daerah terpadat di Jakarta Selatan, sebanyak 52% jarak tangki septik terhadap sumur air tanah kurang dari 10 m dan 80% sumur air tanah pada memiliki kedalaman sumur lebih dari 10 m (Kosasih, 2009). Sebanyak 52% air tanah di Kecamatan Tebet mengandung bakteri *E. coli* yang tidak memenuhi Keputusan Menteri Kesehatan RI NO. 416/MENKES/PER/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih dan air minum.

d. Aspek Ekonomi Pengolahan Air Limbah DHS

Nilai BCR teknologi DHS sebesar 1,5 akan menguntungkan jika dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan. NPV teknologi DHS bernilai positif sebesar Rp. 12.988.810 dengan kurun waktu 10 tahun dan modal awal Rp. 400 juta, berarti proyek diterima. Metode periode pengembalian (*pay back period*), dengan investasi awal konstruksi DHS diperkirakan memakan biaya Rp. 400 juta/unit, pada tahun ke enam, sudah mampu membayar kembali investasi karena keuntungan bersih (kumulatif) telah mencapai nilai (positif) Rp. 106,43 juta. IRR (*Internal Rate of Return*) sebesar 7,81% dengan tingkat suku bunga 6,5%, artinya pembangunan unit DHS lebih menguntungkan.

Kesimpulan penelitian ini:

1. Parameter air limbah Waduk Setiabudi tidak semuanya memiliki kandungan yang lebih tinggi dari kanal banjir barat. Tingginya kandungan pencemar di Waduk Setiabudi dibandingkan air kanal banjir barat, menunjukkan belum optimumnya pengolahan air limbah dengan teknologi kolam aerasi.
2. Teknologi gabungan UASB-DHS merupakan yang terbaik dan mampu menyisihkan pencemar air limbah hingga 25 dari 30 parameter air, masuk ke dalam air baku air minum. Sedangkan teknologi tunggal DHS memiliki kemampuan lebih rendah yaitu 23 dari 30 parameter masuk ke dalam baku mutu air minum.

3. Aspek yang memiliki pengaruh terhadap teknologi DHS sebagai teknologi yang diusulkan dalam mengolah air limbah Waduk Setiabudi.
 - a Aspek Teknologi Pengolahan Air Limbah DHS: Unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³ dengan penggunaan lahan 200 m² dapat melayani 5.000 orang tanpa mengubah penggunaan teknologi kolam aerasi yang di gunakan PD. PAL Jaya.
 - b Aspek Sosial Pengolahan air Limbah DHS: lemahnya pengamanan dan sterilisasi kawasan Waduk Setiabudi, karena hadirnya pekerja seks komersil (waria) pada malam hari yang memicu kriminalitas.
 - c Aspek Sanitasi dan Lingkungan: Dekatnya jarak sumur dengan tangki septik akan memperbesar resiko tercemar bakteri *Fecal coliform*
 - d Aspek Ekonomi Pengolahan Air Limbah DHS: Berdasarkan penilaian NPV, IRR, *pay back period* teknologi DHS layak dibangun dengan ketentuan yang telah disebutkan sebelumnya.

Berdasarkan pertimbangan kapabilitas teknologi, lahan tersedia, sanitasi, kelayakan finansial, satu unit *pilot project* teknologi DHS sesuai untuk dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan.

E. Daftar Referensi: 64 (1978-2009)

SUMMARY

Programme of Study in Environmental Sciences
Postgraduate Programme University of Indonesia
Thesis, November 2010

- A. Name : Nurhadi
- B. Title : EVALUATION OF UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB) AND DOWNFLOW HANGING SPONGE REACTOR PERFORMANCE IN REDUCING DOMESTIC SEWAGE: WATER QUALITY STUDIES IN SETIABUDI RESERVOIR, SOUTH JAKARTA
- C. Number of pages: xxv + 108; illustrations: 32 table; 12 Figures; and 35 appendices
- D. Summary:

The condition of sanitation and clean water in Jakarta is very alarming, high activities trigger the use of water resources and produce liquid wastes that pollute. Use of water to reach 865.80 million m³ per year (BPLHD, 2008), without the accompaniment of the ability to process waste water in Jakarta. This condition is exacerbated by the low ability as a provider of clean water taps only enjoyed by around 65.5% of Jakarta residents, while 34.5% of his nonleading (BPS, 2008 in BPLHD, 2008). As a result, the use of ground water is getting bigger and increasingly polluted due to lack of efforts to treat wastewater. Treat wastewater in the reservoir Setiabudi be one important effort to minimize the impact that can be caused by water. Unfortunately the use of technology contained in the aeration pond dam face obstacles Setiabudi double function as flood control and waste water processing. As a result, wastewater treatment is only able to enter waste water quality standard that can not be reused for various purposes.

This study aims (1) understand Setiabudi Reservoir water quality, flow Flood the West Canal River and groundwater in the District of Tebet and Setiabudi as PD PAL Jaya service area. (2) Evaluating the effectiveness of the performance of pond aeration is applied by PD PAL Jaya, and evaluate the performance of the proposed technology UASB, UASB-DHS and DHS in improving the quality of waste water in the reservoir Setiabudi. (3) to analyze aspects of technological, economic, social and environmental sanitation of the proposed technology.

The variables in this study were (1) Waste water treated by aeration in the reservoir pond Setiabudi (2) Waste water treated by UASB, UASB-DHS, and DHS, (3) the water contained in the flood channel as a body of water west recipients of the processed wastewater Setiabudi Reservoir. The parameters of waste water that is used by the Governor of DKI Jakarta No. Regulation. 122

Years, 2005. The parameters of raw water drinking water based on Permenkes 907 of 2002, Pergub Corporation. 582 of 1995 and PP. 82 Year 2001.

Based on research, water pollutant in Setiabudi Reservoir is higher than in the west flood canal river was 69.08 mg COD/l > COD of 45.17 mg/l; organic matter 72.05 mg/l > 25.37 mg/l; MBAS concentration of 0.46 mg/l > 0.14 mg/l. Some of the Setiabudi reservoir water content smaller than the western flood channel river is BOD 25.66 mg/l < 33.06 mg/l; suspended solid 33.11 mg/l < 134.63 mg/l; NH₄-N 1.62 mg/l < 3.61 mg / l, and oil-fat 0.18 mg / l < 0.21 mg / l. The coliform bacteria content of well water from the District Setiabudi (593 colony/100 ml) and fecal coliform (308 colony/100 ml) in downstream well water more polluted than the upstream in Tebet District (83 colony/100 ml) and fecal coliform (28 colony/100 ml).

Pond aeration technology that is used in Reservoir Setiabudi, technology combined UASB-DHS, and DHS has demonstrated its ability to exclude contaminants. UASB-DHS combined technologies has better effluent than single technology DHS. UASB-DHS combined technology capable of removing waste water pollutants to 25 of the 30 parameters of water, raw water into drinking water. DHS single technology has the ability to lower that 23 of the 30 parameters enter into the drinking water quality standard.

DHS technology with HRT 6 hours are the most capable of removing COD-total (93.93%) followed by the combined UASB-DHS technology (90.21%). The highest removal of COD-soluble by single technology DHS with 10 hours HRT (82.77%) followed by single technology with 6 hours HRT (79.90%). Provision highest NH₄-N by a single technology DHS (HRT 6 h) (97.75%) followed by single technology DHS (HRT 10 hours) (95.79%).

Pond aeration technology capable of removing fecal coliform colony content to 99.06% was the highest and followed by 33.33% combined UASB-DHS technology. Methane gas production of UASB technology only 4.1%, while for a good fuel should be above 50%. The low performance of UASB toksikan allegedly caused the number of substances that inhibit the work of methanogenic bacteria. The low content of methane showed UASB technology is not feasible in Reservoir Setiabudi utilized as an alternative technology to treat wastewater and utilize energy. Based on technology capability and land uses, DHS technology appropriate to build in Setiabudi reservoir South Jakarta.

Aspects that have an influence on DHS technology as the proposed technology in treating wastewater Setiabudi Reservoir.

a. Aspects of Wastewater Treatment Technology DHS

DHS is required 80 units with a capacity of 1000 m³/day to serve residents in two and Setiabudi Tebet District, and will require a land area of 16,000 m² (± 200 m² per unit of DHS). DHS unit with a capacity of 1000 m³ with 200 m² of land use can serve 5,000 people without changing the use of pond aeration technology in use PD. PAL Jaya.

b. Social Aspects of Waste Water Treatment DHS

Knowledge of respondents about the location of waste water processing company PD. PAL Jaya, found as many as 68 (53.96%) non-customer respondents know and who know not the smaller 58 (46.03%) respondents. Respondents were more customers who know the name of the company's waste water processing PD. PAL Jaya amounted to 107 (84.92%) of the customers who do not know 19 (15.07%). Knowledge of respondents to be an indication of public awareness of the existence of WWTP Reservoir Setiabudi. Another problem is the lack of security and sterilization Setiabudi Reservoir area because of the presence of commercial sex workers (transvestites) at night. The presence of transgender people and trigger a disturbing crime.

c. Sanitation and Environmental Aspects

Groundwater contamination by coliform bacteria can cause diarrhea, nearby wells with septic tank, and the flow of water in the soil help its spread. In Sub Tebet as densely populated areas in South Jakarta, as many as 52% of the distance of septic tank to ground water wells less than 10 m and 80% of groundwater wells at a well depth of more than 10 m (Kosasih, 2009). As many as 52% of ground water in the District of Tebet contain bacteria E. coli that do not meet the Minister of Health NO. 416/MENKES/PER/1990 about the requirements for water quality and drinking water.

d. Economic Aspects of Wastewater Treatment DHS

DHS technology BCR of 1.5 would be advantageous if the reservoir was built in South Jakarta Setiabudi. DHS technology is positive NPV Rp. 12,988,810 in the past 10 years and the initial capital of Rp. 400 million, the project received. Method of return period (payback period), with an initial investment of DHS construction estimated to cost Rp. 400 million/unit, on the sixth year, has been able to pay back the investment due to net gains (cumulative) has reached the value of (positive) to Rp. 106.43 million. IRR (Internal Rate of Return) of 7.81% with interest rate of 6.5%, meaning that construction of the DHS unit more profitable.

Conclusion of this research:

1. Waste water reservoir parameters Setiabudi not all of them have a higher content of the western flood channel. The high content of pollutants in the water reservoir spillway Setiabudi than the west, showing west flood canal contamination by water reservoirs Setiabudi.
2. UASB-DHS combined technology is the best and capable of removing waste water pollutants to 25 of the 30 parameters of water, raw water into drinking water. While a single technology DHS has a lower ability of 23 of the 30 parameters enter into the drinking water quality standard.
3. Aspects that have an influence on DHS technology as the proposed technology in treating wastewater Setiabudi Reservoir.
a Aspects of Wastewater Treatment Technology DHS: DHS unit with a capacity of 1000 m³ with 200 m² of land use can serve 5,000 people without changing the use of pond aeration technology on the use PD. PAL

Jaya.

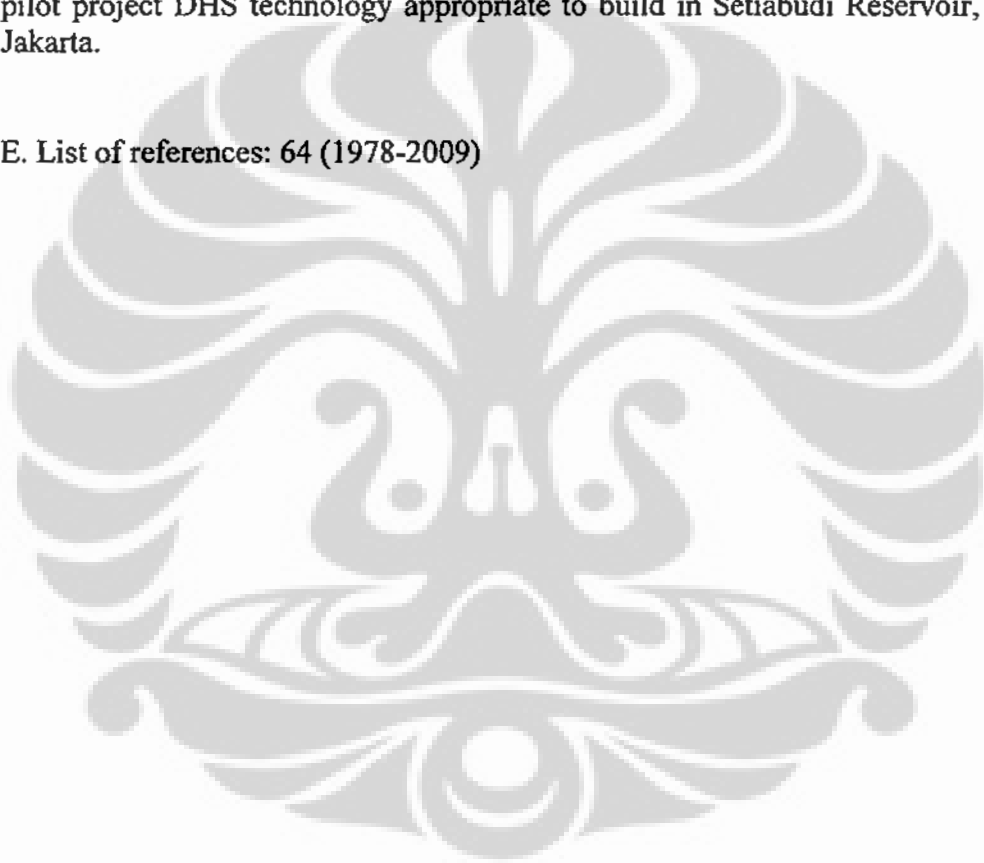
b Social Aspects DHS Waste water treatment: lack of security and sterilization Setiabudi Reservoir area, because the presence of commercial sex workers (transvestites) at night which sparked crime.

c Aspects of Sanitation and the Environment: Nearby distance of wells with septic tank will increase the risk of fecal coliform bacteria contamination

d Economic Aspects of Wastewater Treatment DHS: Based on the assessment of NPV, IRR, payback period is feasible DHS technology built with provisions that have been mentioned previously.

Based on technology capability, land uses, sanitation, financial feasible, one unit pilot project DHS technology appropriate to build in Setiabudi Reservoir, South Jakarta.

E. List of references: 64 (1978-2009)



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR ISTILAH	xxii
DAFTAR SINGKATAN	xxv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	7
2.1. Kerangka Teoritik	7
2.1.1. Potensi Air	7
2.1.2. Pencemaran Air Limbah Domestik	9
2.1.2.1. Karakteristik Fisika Air Limbah	11
2.1.2.2. Karakteristik Kimia Air Limbah	12
2.1.2.3. Karakteristik Biologi Air Limbah	17
2.1.3. Pengolahan Air Limbah	19
2.1.3.1. Pengolahan Air Limbah Di Negara Maju	19
2.1.3.2. Pengolahan Air Limbah Di Waduk Setiabudi DKI Jakarta	20
2.1.3.3. Pengolahan Air Limbah Secara Biologis	23
a. Proses Anaerob Biologis	23
b. Proses Aerob Biologis	33
2.2. Kerangka Berpikir	35
2.3. Kerangka Konsep	37
2.4. Hipotesis Penelitian	38
3. METODE PENELITIAN	39
3.1. Pendekatan dan Metode Penelitian	39
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	39
3.3. Populasi dan Sampel	39
3.4. Variabel Penelitian	40
3.5. Data Penelitian	44
3.6. Teknik Pengumpulan Data	45
3.7. Teknik Pengolahan dan Analisis Data	45

4. PEMBAHASAN	47
4.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian	47
4.1.1. Kondisi Geografis dan Demografi	47
4.1.2. Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta	47
4.1.3. Daerah Pelayanan	48
4.2. Limitasi Penelitian	50
4.3. Kualitas Air Waduk Setiabudi dan Banjir Kanal Barat	50
4.3.1. Penentuan Titik Pengambilan Sampel	50
4.3.2. Kualitas Air Waduk Setiabudi	54
4.3.3. Kualitas Air Banjir Kanal Barat	61
4.3.4. Kualitas Air Sumur Di Kecamatan Tebet dan Setiabudi	62
4.4. Kualitas Air Olahan.....	64
4.4.1. Kualitas Air Olahan dengan Teknologi Kolam Aerasi	65
4.4.2. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan UASB	67
4.4.3. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Gabungan UASB-DHS	71
4.4.4. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Tunggal DHS (HRT 6 Jam)	76
4.5. Rencana Pengelolaan Air Limbah Waduk Setiabudi dengan Teknologi DHS	78
a. Aspek Teknologi Pengolahan Air Limbah DHS	79
b. Aspek Sosial Pengolahan Air Limbah DHS	82
c. Aspek Sanitasi dan Lingkungan Pengolahan Air Limbah DHS	86
d. Aspek Ekonomi Pengolahan Air Limbah DHS	92
5. KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1. Kesimpulan	99
5.2. Saran	102
DAFTAR REFERENSI	103
LAMPIRAN	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Neraca Sumber Daya Air Permukaan (BPLHD, 2008*)	8
Tabel 2.2. Neraca Sumberdaya Air Tanah (BPLHD, 2008*)	8
Tabel 2.3: Komposisi Feses dan Urin Manusia	10
Tabel 2.4: Kekuatan Air Limbah (Mara, 2003)	13
Tabel 2.5. Pembagian Kelompok Mikroorganisme	27
Tabel 2.6. Klasifikasi Mikroorganisme Berdasarkan Temperatur	30
Tabel 3.1. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	40
Tabel 3.2. Metode Pengumpulan dan Analisa Data	46
Tabel 4.1. Luas, Kelurahan dan Kecamatan di Jakarta Selatan	48
Tabel 4.2. Pelanggan PD PAL Jaya	49
Tabel 4.3. Penentuan Titik Pengambilan Sampel	51
Tabel 4.4. Penelitian Pendahuluan Teknologi UASB, UASB-DHS, dan DHS	52
Tabel 4.5. Kondisi IPAL Waduk Setabudi	54
Tabel 4.6. Kualitas Air Limbah Waduk Setiabudi Timur	56
Tabel 4.7. Air Sungai Aliran Kanal Banjir Barat	61
Tabel 4.8. Kandungan Pencemar di Sumur Kecamatan Tebet dan Setiabudi (BPLHD, 2008)	63
Tabel 4.9. Persentase Penyisihan Pencemar	64
Tabel 4.10. Kualitas Air Olahan dengan Teknologi Kolam Aerasi di Waduk Setiabudi	66
Tabel 4.11. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan UASB.....	68
Tabel 4.12. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Gabungan UASB- DHS	74

Tabel 4.13. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Tunggal DHS (HRT 6 Jam)	77
Tabel 4.14. Jumlah Responden Pelanggan dan Nonpelanggan IPAL Waduk Setiabudi	83
Tabel 4.15. Pengetahuan Responden tentang Perusahaan Pengolah Air Limbah PD. PAL Jaya	83
Tabel 4.16. Kepadatan dan Jumlah Penderita Diare di Kecamatan Tebet ..	88
Tabel 4.17. Jarak Sumur Dengan Tangki Septik Di Dki Jakarta Tahun 2007-2008 (BPLHD, 2008).....	89
Tabel 4.18. Pendapatan PD. PAL Jaya, 2009 (Laporan Tahun PD. PAL Jaya, 2009)	93
Tabel. 4.19. Perhitungan NPV, IRR dan <i>Pay Back Period</i> IPAL DHS Waduk Setiabudi 2011-2020	96
Tabel 4.20. Asumsi Pengkajian Ekonomi Kegiatan Pengolahan Air Limbah Di Waduk Setiabudi	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus Nitrogen Di Badan Air (Horan, 1990 dalam Nurul, 2003)	15
Gambar 2.2. Proses Pengelolaan Nitrogen Melalui Proses Biologi (Tchobanoglous, 2003: 616)	16
Gambar 2.3. Skema Proses Anaerob (Seghezzi 2004).....	24
Gambar 2.4. Peranan Organisme <i>Synthrops</i> , dan <i>Methanogen</i> dalam Proses Pembentukan Gas Metana (Mc Carthy & Mosey, 1991 <u>dalam</u> Rahayu, 1996)	25
Gambar 2.5. Model <i>Acidogenesis</i> pada Digester Anaerob (McCarty, 1991) <u>dalam</u> Rahayu, 1996	26
Gambar 2.6. Kerangka Konsep Penelitian yang Diperluas	37
Gambar 3.1. Reaktor UASB dan DHS Sistem Gabungan	41
Gambar 3.2. Reaktor DHS Sistem Tunggal	43
Gambar 4.1. Denah Waduk Setiabudi	54
Gambar 4.2. Bagan Alir Pengolahan Limbah di IPAL Waduk Setiabudi ...	55
Gambar 4.3. Skema dan Bangunan DHS di India.....	81
Gambar 4.4. Bangunan DHS di India	81

DAFTAR ISTILAH

Aerated Lagoon (kolam aerasi) teknik pengolahan air limbah, kolam aerasi air limbah disebut juga kolam stabilisasi atau kolam oksidasi, berupa kolam luas, dangkal dan memiliki waktu tinggal yang cukup lama agar proses biologis alami sesuai dengan derajat pengolahan yang diinginkan.

Air Limbah adalah air yang berasal dari sisa kegiatan proses produksi dan usaha lainnya yang tidak dimanfaatkan kembali.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah dan kantor rumah dan toko, rumah sakit, mall, pasar swalayan, balai pertemuan, hotel, industri, sekolah, baik berupa *grey water* (air bekas) ataupun *black water* (air kotor/tinja).

Aliran umpan (*feed flow*) besarnya aliran limbah cair dalam satuan waktu (m^3/jam).

Baku mutu limbah cair adalah batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam limbah cair untuk dibuang dari satu jenis kegiatan tertentu.

Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik secara biologi, satuan (mg/l).

COD (*Chemical Oxygen Demand*) banyaknya oksigen yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi.

COD-*soluble* adalah COD terlarut yang melalui penyaringan terlebih dahulu sebelum ditentukan kandungan COD nya.

COD-*total* adalah seluruh kandungan COD yang terlarut dan tidak terlarut, tanpa dilakukan penyaringan.

Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antarkeduanya.

Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

DHS (*downflow hanging sponge*) sistem pengolahan air limbah secara aerobik (*downflow*) aliran turun, menggunakan media spons sebagai media pertumbuhan bakteri dan penyaring air limbah dikembangkan oleh Prof. Harada.

Effluent adalah cairan yang keluar dari salah satu bagian bangunan pengolah atau dari bangunan pengolah secara keseluruhan.

Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup.

Hydraulic Retention Time (HRT) adalah waktu yang dibutuhkan dari suatu volume reaktor terhadap aliran umpan yang terjadi, satuan (jam).

IPAL adalah instalasi pengolahan air limbah.

Konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana serta kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai serta keanekaragamannya.

Kotoran rumah tangga (*domestic sewage*) adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya air dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat masak.

Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan.

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Organic Loading Rate (OLR) atau angka beban organik adalah besarnya beban pencemaran yang terjadi dibandingkan dengan volume unit reaktor, satuan (kg COD/hari).

PD. PAL Jaya (Perusahaan Daerah Pengolahan Air Limbah) perusahaan di bawah Pemda DKI Jakarta yang mengolah air limbah.

Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkan makhluk, zat, energi dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya.

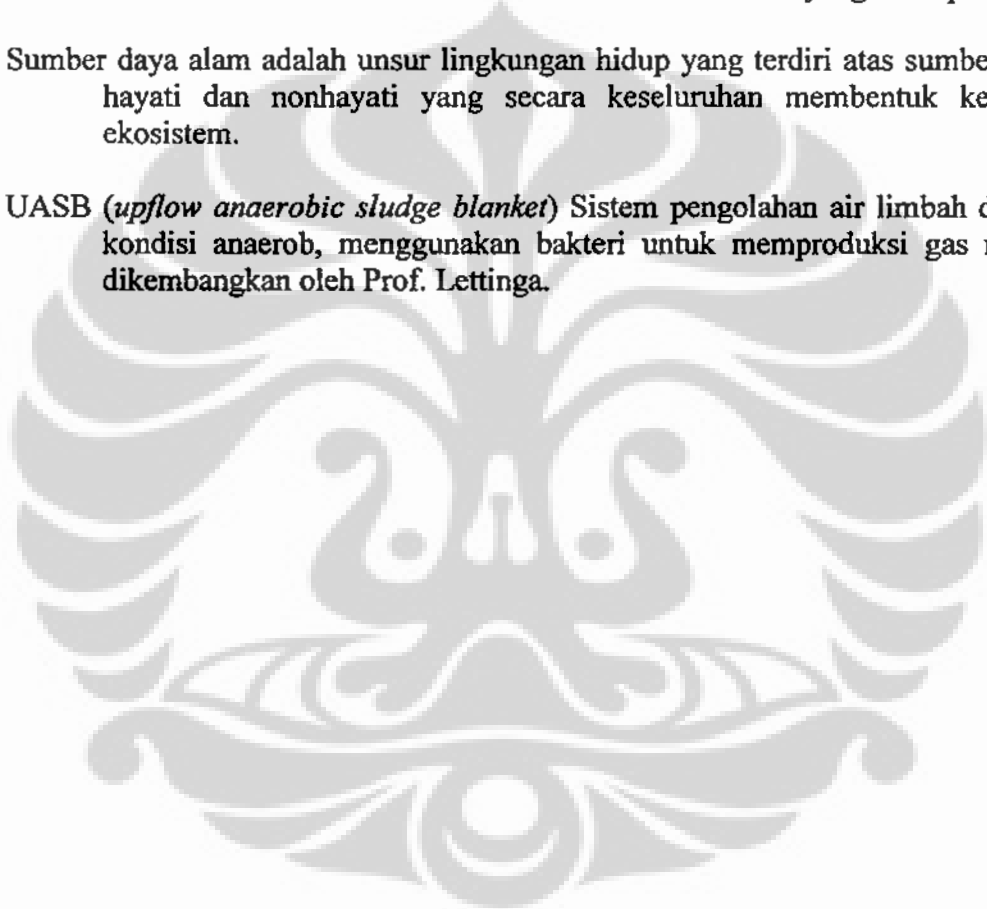
Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pengelolaan Air Limbah Domestik adalah upaya memperbaiki kualitas air yang berasal dari kegiatan rumah tangga/perkantoran sehingga layak untuk dibuang ke saluran kota/drainase.

Pengolahan air limbah domestik adalah upaya mengolah dengan cara tertentu agar air limbah dimaksud memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan.

Sumber daya alam adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan nonhayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem.

UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) Sistem pengolahan air limbah dengan kondisi anaerob, menggunakan bakteri untuk memproduksi gas metan, dikembangkan oleh Prof. Lettinga.



DAFTAR SINGKATAN

- BCR: *benefit cost ratio*
- BPAL: Badan Pengelola Air Limbah
- BPLHD: Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah
- BOD: *Biochemical Oxygen Demand*
- BPS: Biro Pusat Statistik
- COD: *Chemical Oxygen Demand*
- DHS: *Downflow Hanging Sponge*
- GC: *Gas Chromatography*
- GWP: *Global Water Programme*
- HPP: Harga Pokok Pengolahan
- HRT: *Hydraulic Retention Time*
- IBRD: *International Bank for Reconstruction and Development*
- IPAL: Instalasi Pengolahan Air Limbah
- IRR: *internal rate of return*
- JSSP: *Jakarta Sewerage & Sanitation Project*
- kWh: kilo Watt hour
- MBAS (*Methilene Blue Active Substances*)
- NPV: *net present value*
- OLR: *Organic Loading Rate*
- Pergub: Peraturan Gubernur
- Permenkes: Peraturan Menteri Kesehatan
- PDAM: Perusahaan Daerah Air Minum
- PD PAL Jaya: Perusahaan Daerah Pengolahan Air Limbah DKI Jakarta
- SRT: *Solid Retention Time*
- Suskesnas: sensus kesehatan nasional
- UASB: *Upflow Anaerobic Blanket Sludge*
- UNDP: *United Nation Development Programme*
- VSS: *volatile suspended solid*
- WHO: *World Health Organization*

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air telah menjadi senyawa yang luar biasa dan anugerah bagi kehidupan di Bumi. Sifat khasnya menjaga keberadaan air di bumi melalui siklus hidrologi yang terus berlangsung dengan bantuan matahari. Wujudnya mampu berubah-ubah dari padat, cair dan uap memungkinkan air untuk mudah berpindah-pindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Siklusnya silih berganti dari atmosfer ke bumi, dan kembali ke atmosfer melalui evaporasi, kondensasi, presipitasi, dan transpirasi. Singkatnya, air telah menjaga kehidupan, mengatur iklim, membentuk permukaan bumi, memindahkan dan melarutkan polutan (Miller, 2007).

Manusia membutuhkan air untuk berbagai hal seperti menyediakan makanan, hunian, transportasi dan kebutuhan lainnya. Selain dikonsumsi dan membantu aktivitas sehari-hari, air juga digunakan dalam berbagai ritual dan memiliki makna sakral dalam hidup manusia. Begitu pentingnya air bagi manusia sehingga mencukupi kebutuhannya dianggap sebagai hak asasi. Ironisnya, hampir separuh penduduk dunia, terutama di kota pada negara berkembang menderita berbagai penyakit yang diakibatkan oleh kekurangan air, atau oleh air tercemar. Diperkirakan sebanyak 3,2 juta orang, kebanyakan anak balita, meninggal prematur setiap tahun akibat penyakit infeksi yang disebarkan oleh air yang terkontaminasi atau kekurangan air bersih yang berkaitan dengan sanitasi (WHO 2002 dalam Miller 2007).

Kondisi sanitasi dan air bersih di DKI Jakarta sangat memprihatinkan karena tingginya aktivitas, dan meningkatnya konsumsi barang dan jasa. Besarnya produksi limbah padat dan cair telah mencemari lingkungan dan mempengaruhi kesehatan manusia. Selain itu, penggunaan air yang mencapai 865,80 juta m³ per tahun (BPLHD, 2008), tidak diiringi kemampuan produksi air bersih oleh PDAM. Pemenuhan air oleh PDAM baru dinikmati oleh sekitar 65,5 % warga DKI Jakarta, sedangkan 34,5%-nya nonleading (BPS, 2008 dalam BPLHD, 2008). Walaupun demikian, data penggunaan air ini masih dipertanyakan validitasnya

karena banyaknya jumlah manusia yang beraktivitas mencapai 12 juta manusia ketika siang hari (Vivanews.com 2010).

Sayangnya, air yang telah digunakan warga DKI Jakarta lebih banyak dibuang begitu saja sehingga memicu kelangkaan air, mencemari sumber air baku dan lingkungan. Air tidak diolah untuk digunakan kembali (*recycle*) sebagai bentuk upaya konservasi, akibatnya air yang berkualitas semakin sulit diperoleh dan mahal. Menurut Gijzen (2002) dalam Seghezzeo (2004: 3), air kotor (*sewage*), merupakan polutan *point-source* utama di dunia, dari produksi *sewage* dunia 90-95% dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan apapun (Bartone *et al.*, 1994, dalam Seghezzeo, 2004: 3).

Besarnya penggunaan air untuk keperluan rumah tangga (domestik) yang mencapai 75% (BPLHD DKI Jakarta, 2008) menjadikan rumah tangga sebagai pencemar utama di DKI Jakarta. Selain itu, tingkat kehilangan air yang tinggi $\pm 50,23\%$ (BPLHD DKI Jakarta, 2008), mengakibatkan sumber air baku semakin sulit diperoleh. Limbah domestik yang dihasilkan langsung dibuang ke saluran pembuangan tanpa melewati tahapan pengolahan. Volume limbah cair yang dibuang tidak sebanding dengan yang diolah, akibatnya terjadi penurunan kualitas dan kuantitas air di DKI Jakarta.

DKI Jakarta, dengan keterbatasan lahan serta besarnya produksi limbah domestik, memerlukan unit-unit pengolahan untuk menyisihkan berbagai pencemar air. Unit pengolahan limbah tersebut berfungsi sebagai penyisih pencemar air dan dapat berfungsi sebagai penampungan seperti Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan. Waduk yang sedianya diperuntukkan bagi kawasan pemukiman, berubah peruntukkannya lebih banyak mengolah air limbah yang berasal dari perkantoran.

Waduk Setiabudi (*sewerage system*) dibangun dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan, kesehatan masyarakat, manajemen pengelolaan air bersih (*water management*), dan sebagai contoh biaya murah pengadaan fasilitas sanitasi lingkungan (Worldbank, 1995 dalam Putera 2006). Air yang terdapat di Waduk

Setiabudi diolah menggunakan sistem terpusat (*off site system*) dengan teknik *aerated lagoon* (kolam aerasi), yang dikelola oleh perusahaan daerah PD PAL Jaya.

Terdapat kendala dalam operasional pengolahan air limbah, fungsi ganda Waduk Setiabudi selain sebagai pengendali banjir (penampung air dari saluran drainase kota), juga sebagai instalasi pengolahan air limbah. Fungsi pengendalian banjir sangat penting di DKI Jakarta, namun akan mengganggu kualitas air *effluent* yang telah ditetapkan melalui baku mutu. Peningkatan debit inlet air akan menyebabkan kapasitas air olahan menjadi besar dan kualitas air yang masuk ke IPAL tidak terkontrol. Sebagai drainase kota, akan banyak materi yang mengalir terutama lumpur dan pasir mengurangi kapasitas optimum Waduk Setiabudi.

Diperlukan teknologi alternatif yang sesuai dengan mempertimbangkan kinerja, lahan tersedia, kebutuhan dan kemampuan PD. PAL Jaya selaku operator. Pertimbangan teknologi yang sesuai kebutuhan seperti biaya (ekonomis), mudah pengoperasian-perawatannya, ramah lingkungan, serta dapat diterima masyarakat.

Teknologi UASB (*Upflow Anaerobic Blanket Sludge*), merupakan alternatif teknik pengolahan air dengan menggunakan mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Kandungan bahan organik dalam air limbah dimanfaatkan bakteri sebagai nutrisi pertumbuhannya dan akan menghasilkan gas metana dari proses degradasinya. Banyak publikasi yang menyebutkan teknologi UASB mampu menghilangkan sebagian pencemar yang berisi bahan organik, nutrisi, dan patogen yang signifikan (Kooijmans & van Velsen, 1986; Draaijer *et al.* 1992; Schellinkhout *et al.* 1993 dalam Tandukar *et al.* 2006). Sistem UASB telah banyak diterapkan di Indonesia terutama industri yang menghasilkan COD yang tinggi seperti industri minuman alkohol dan *pulp*.

Banyak keuntungan dari sistem UASB, di antaranya sistem UASB memproduksi lebih sedikit lumpur sekitar 3-20 kali lebih sedikit dari proses aerobik, biasanya energi diperoleh dari substrat dalam bentuk produk akhir gas metana (CH_4).

Sistem UASB mampu memproduksi gas yang sangat bermanfaat, gas metana yang berisi energi sekitar 90%, memiliki nilai kalori mencapai 9000 kcal/m^3 , dan dapat digunakan untuk menyediakan energi untuk *electricity*, yang akan mengurangi penggunaan energi dalam mengolah air limbah. Diperlukan perlakuan lanjutan setelah melalui sistem UASB, karena sistem anaerobik akan menghilangkan oksigen terlarut.

Sistem UASB menggunakan aliran *influent* air dari bawah reaktor dan *effluent*-nya akan berada di atas reaktor. Sistem lanjutan diharapkan mampu memanfaatkan aliran air turun dari bagian atas reaktor UASB untuk menyisihkan berbagai pencemar dan meningkatkan oksigen terlarut. Aiyuki *et al*, 2006 dalam Tawfik *et al*, 2008 menyebutkan bahwa kombinasi sistem anaerobik dan aerobik menghasilkan karakteristik yang cukup menjanjikan keseimbangan energi dan mengurangi produksi limbah. Perlakuan lanjutan dengan *Downflow Hanging Sponge* (DHS) secara aerobik untuk limbah domestik telah disarankan sebagai solusi tepat (Tandukar *et al*. 2006). Sistem DHS mampu menyisihkan berbagai pencemar, selain itu akan menghemat energi karena memanfaatkan aliran turun air limbah, tanpa menggunakan aerator yang akan mengurangi konsumsi listrik dan mudah pengoperasiannya.

Sistem pengolahan air DHS dikenalkan oleh Prof. Harada dari Universitas Teknologi Nagaoka, Jepang, dan direncang untuk diterapkan di negara berkembang seperti Indonesia. Konsep teknologi DHS mirip *tricking filter*, tetapi materinya terbuat dari spons yang memiliki pori-pori lebih dari 90% yang meningkatkan tangkapan biomassa secara signifikan. Spons poliuretan menjadi media pendukung untuk berbagai mikroorganisme dengan menyediakan sel hunian lebih lama, meningkatkan difusi udara ke dalam air limbah, serta mengurangi kebutuhan aerasi eksternal, karenanya DHS tidak seperti kebanyakan sistem aerobik yang ada. Sistem DHS ini belum pernah diterapkan di Indonesia, sehingga kinerjanya di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan belum diketahui.

1.2. Rumusan Masalah

Air limbah domestik yang disalurkan melalui sistem perpipaan menuju Waduk Setiabudi diolah menggunakan teknologi kolam aerasi. Penggunaan teknologi kolam aerasi agar air limbah masuk baku mutu air limbah berdasarkan Pergub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Sebanyak tujuh aerator ditempatkan di tengah waduk untuk mengolah air limbah domestik di Waduk Setiabudi. Sayangnya, penggunaan teknologi kolam aerasi terkendala oleh fungsi ganda waduk sebagai tempat pengolahan air limbah dan sebagai pengendali banjir. Walau belum memenuhi ketentuan waktu aerasi, jika permukaan waduk telah tinggi akan dialirkan ke kanal banjir barat. Akibatnya kualitas air effluent hanya bisa masuk baku mutu air limbah domestik. Tanpa pengolahan yang baik, air tidak dapat dimanfaatkan kembali, akan mencemari lingkungan, serta akan mengurangi ketersediaan air bersih.

Instalasi Pengolahan Air Limbah Waduk Setiabudi memerlukan teknologi yang mampu mengolah air limbah tidak hanya masuk baku mutu air limbah, tetapi juga masuk baku mutu air minum. Teknologi yang mampu mengolah air limbah hingga masuk baku mutu air minum menjadi penting sebagai upaya melestarikan air dan lingkungan. Air yang bersih dapat dimanfaatkan kembali dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Kesesuaian, kebutuhan teknologi dan konsumsi energi menjadi pertimbangan penerapan suatu teknologi. Salah satu teknologi yang dapat menghasilkan energi dari air limbah adalah UASB. Teknologi UASB mampu menghemat konsumsi energi, dan perlakuan lanjutan dengan DHS akan memanfaatkan aliran turun diharapkan menyempurnakan pengolahan air limbah. Rumusan masalah penelitian ini adalah belum diketahuinya kinerja reaktor UASB dan DHS sebagai upaya menjaga kualitas lingkungan serta pemanfaatan kembali air olahan limbah domestik di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan. Kualitas air olahan akan dibandingkan dengan peraturan mengenai kualitas air yang berlaku di DKI Jakarta. Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air Waduk Setiabudi dan kualitas air kanal banjir barat sebagai badan penerima air Waduk Setiabudi?

2. Bagaimana upaya Pemerintah DKI Jakarta melalui PD. PAL Jaya dalam menyisihkan pencemaran air limbah dengan teknologi kolam aerasi, serta bagaimana kinerja unit pengolahan air limbah alternatif UASB, UASB-DHS dan DHS di Waduk Setiabudi, dan bagaimana kualitas air olahannya?
3. Bagaimana aspek teknologi, sosial, sanitasi lingkungan dan ekonomi terhadap teknologi yang diusulkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini memberikan informasi mengenai alternatif unit pengolahan limbah UASB dan DHS.

Tujuan khusus penelitian ini:

1. Mengetahui kualitas air Waduk Setiabudi, aliran kanal banjir barat serta air tanah di Kecamatan Tebet dan Setiabudi sebagai daerah layanan PD. PAL Jaya.
2. Mengevaluasi efektivitas kinerja kolam aerasi yang diterapkan oleh PD PAL Jaya, serta mengevaluasi kinerja teknologi usulan UASB, UASB-DHS dan DHS dalam memperbaiki kualitas air limbah di Waduk Setiabudi.
3. Menganalisis aspek teknologi, ekonomi, sosial dan sanitasi lingkungan dari teknologi yang diusulkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Secara umum manfaat dari penelitian ini memberikan informasi mengenai alternatif unit pengolahan limbah, serta memberikan khasanah bagi kemajuan ilmu lingkungan dalam menangani limbah cair di perkotaan. Selain itu, secara khusus penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk:

1. Memberikan informasi mengenai kualitas air di Waduk Setiabudi dan kanal banjir barat sebagai badan penerima air Waduk Setiabudi.
2. Menganalisa efektifitas kinerja unit pengolahan air limbah kolam aerasi, UASB, UASB-DHS, dan DIIS serta keandalannya dalam upaya perbaikan mutu air di Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan.
3. Memberikan analisa tentang aspek teknologi, ekonomi, sosial dan sanitasi lingkungan dari teknologi yang diusulkan.

BAB 2

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kerangka Teoretik

2.1.1 Potensi Air

Potensi total volume air di Dunia meliputi air asin berupa samudera dan lautan sebanyak 97,41%, dan air tawar sebanyak 2,59%. Air tawar tersebut meliputi deposit es yang berada di kutub utara dan selatan (1,984%), air tanah (0,592%) dan sebagai air tawar sebesar 0,014% (Soerjani, 2006). Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki cadangan air yang berlimpah, namun hingga kini masih menggunakan air tanah sebagai sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan hidup termasuk warga Ibukota DKI Jakarta.

Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD), 2008 mengategorikan sumber air tawar yang terdapat di Jakarta menjadi 3 kategori, yaitu :

1. Air curah hujan, jenis air tersebut berasal dari air hujan tampungan dan air limpasan.
2. Air permukaan terdiri atas mata air, air sungai, air danau, situ alamiah, air danau, situ buatan, bendungan, bendungan irigasi dan air rawa.
3. Air tanah terdiri atas air tanah bebas (air tanah dangkal), air tanah semi tertekan (semi artesis/air tanah dalam), dan air tanah tertekan (artesis/air tanah sangat dalam).

Penggunaan air hujan biasanya pada daerah yang sumber airnya terbatas seperti wilayah Jakarta Utara, sedangkan air permukaan dimanfaatkan oleh warga yang terdapat tidak jauh dari sumber air permukaan. Penggunaan air tanah umumnya lebih menguntungkan warga karena tanpa pengolahan lebih lanjut, praktis dan ekonomis untuk mendapatkan.

Di Jakarta, air tanah paling banyak digunakan untuk kebutuhan domestik sebagai penunjang kelangsungan hidup manusia, seperti memasak, minum, cuci dan mandi. Hasil penyusunan neraca sumberdaya air (BPLHD, 2008) diperoleh informasi bahwa total penggunaan sumberdaya air untuk kebutuhan warga

informasi bahwa total penggunaan sumberdaya air untuk kebutuhan warga (domestik dan industri) pada tahun 2008 sekitar 865,80 juta m³, terdiri atas air permukaan 434,89 juta m³ (50,22%), air hujan sebanyak 84,59 juta m³ (9,78 persen) dan dari air tanah sebanyak 346,32 juta m³ (40,00%). Sebanyak 657,04 juta m³ (75,89%) digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik yang meliputi kebutuhan rumah tangga, pertokoan, perkantoran, rumah sakit, hotel, kebutuhan pertanian sekitar 15,44 juta m³ (1,78%), kebutuhan industri sekitar 28,37 juta m³ (3,28%) dan sebanyak 164,95 juta m³ (19,05%) untuk memenuhi kebutuhan lainnya. Neraca sumberdaya air di DKI Jakarta (air permukaan dan air tanah), dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Neraca Sumber Daya Air Permukaan (BPLHD, 2008*)

AKTIVA		PASIVA	
CADANGAN	SATUAN (m ³)	EKSPLOITASI	SATUAN (m ³)
SUMBER :		PEMANFAATAN :	
1. Mata Air	-	1. Domestik	285.575.288
2. Air Sungai	164.008.868	2. Industri	20.569.049
3. Bendungan/ irigasi/ Waduk/ Dam	270.877.502	3. Pertanian	15.440.000
		4. Lain-lain	113.302.033
TOTAL	434.886.370	TOTAL	434.886.370

Keterangan: *) Angka Sementara

Tabel 2.2. Neraca Sumberdaya Air Tanah (BPLHD, 2008*)

AKTIVA		PASIVA	
CADANGAN	SATUAN (m ³)	EKSPLOITASI	SATUAN (m ³)
SUMBER :		PEMANFAATAN :	
1. Air Tanah Dangkal (Air Tanah Bebas)	314.496.958	1. Domestik	309.155.453
2. Air Tanah Dalam (Semi Tertekan/Semi Artesis)	-	2. Industri	7.553.504
3. Air Tanah Sangat Dalam (Air Tanah Tertekan/ Air Tanah Artesis)	354.854	3. Pertanian	-
		4. Lain-lain	29.608.254
TOTAL	309.155.453	TOTAL	865.793.027

Keterangan: *) Angka Sementara

Sebagian besar penduduk di Propinsi DKI Jakarta menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih karena terbatasnya penyediaan air bersih PDAM. Pengelola jasa

Universitas Indonesia

air minum hanya mampu menyediakan air bersih sekitar 59,95 % dan sisanya berasal dari air tanah dan air permukaan (BPLHD, 2008). Potensi air yang terdapat di daerah Jakarta dan sekitarnya akan terus menurun jika tetap memperlakukan air semena-mena. Selain terjadi kelangkaan saat musim kemarau, buruknya manajemen air menyebabkan bencana banjir ketika musim hujan.

Waduk dan situ (danau) dikategorikan sebagai air permukaan dan dapat berfungsi menyimpan air, mencegah banjir, menyediakan air, rekreasi serta fungsi lainnya. Jakarta memiliki situ sebanyak 40 buah, di Jakarta Selatan terdapat 7 buah dengan luas 66,5 Ha, Jakarta Pusat 3 buah dengan luas 7,4 Ha, Jakarta Utara 12 buah dengan luas 179,5 Ha Jakarta Barat 2 buah dengan luas 5 Ha dan Jakarta Timur 16 buah dengan luas 66,875 Ha. Sebanyak 12 situ (30%) merupakan buatan seperti situ Taman Ria Remaja, Waduk Kebon Melati, Waduk PIK I, Waduk PIK II, Waduk Muara Angke, Waduk Sunter I, Waduk Sunter III, Waduk Setiabudi, Situ Elok, Waduk PDAM, Situ TMII (*Archipelago* Indonesia) dan Situ TMII, sedangkan 28 situ (70%) lainnya merupakan situ alami.

Secara umum, kondisi 19 situ (47,5%) di Jakarta dalam kondisi terawat, 14 situ (35%) dalam kondisi tidak terawat dan 5 situ (12,5%) telah berubah menjadi daratan (BPLHD 2008). Sebanyak 19 situ yang terawat secara fisik, ternyata 5 situ tercemar oleh limbah rumah tangga dan limbah industri, menyebabkan perairan berwarna kehitaman dan berbau busuk.

2.1.2 Pencemaran Air Limbah Domestik

Menurut Wardhana (1995) pencemaran merupakan penyimpangan dari keadaan normalnya, pencemaran air tanah adalah suatu keadaan air tersebut telah mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air.

Air dicemari berbagai agen penyebab penyakit, buangan, pupuk tanaman, bahan kimia organik dan anorganik, endapan dan panas. Masalah pencemar utama

terbagi dua yaitu penyebab penyakit (patogen) dari meminum air terkontaminasi dan tidak memiliki cukup air untuk sanitasi. Ilmuwan telah mengidentifikasi lebih dari 500 jenis bakteri, virus dan parasit penyebab penyakit dan dapat ditularkan ke air dari kotoran manusia dan binatang (Miller, 2007: 494). Penyebab pencemaran yang utama di DKI Jakarta oleh aktivitas rumah tangga atau biasa disebut limbah domestik (BPLHD, 2008).

Kualitas air tanah dangkal sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan disekitarnya. Kondisi kota Jakarta dengan kepadatan penduduk yang mencapai 13.826.01 jiwa/km² menjadi penyebab utama terjadinya pencemaran air tanah. Kondisi sanitasi lingkungan dan rendahnya kesadaran masyarakat berdampak terhadap kualitas air sumur penduduk yang semakin buruk. Tingginya parameter fisik, kimiawi dan mikrobiologi menjadi gambaran kondisi pencemaran terutama oleh rumah tangga.

Tabel 2.3. Komposisi Feses dan Urin Manusia

	Feses	Urin
Kuantitas		
Kuantitas (basah)/orang/hari	135-270 g	1,0-1,3 kg
Kuantitas (padat kering)/orang/hari	35-70 g	50-70 g
Perkiraan Komposisi (%)		
Moisture	66-80	93-96
Organic matter	88-97	65-85
Nitrogen	5,0-7,0	15-19
Fosforus (P ₂ O ₅)	3,0-5,4	2,5-5,0
Potassium (K ₂ O)	1,0-2,5	3,0-4,5
Karbon	44-55	11-17
Kalsium (CaO)	4,5	4,5-6,0

Gotaas (1965) dalam Mara (2003:2)

Secara rutin rumah tangga mengeluarkan limbah cair yang dikategorikan sebagai *black water* dan *grey water*. *Black water* adalah limbah kotoran manusia yang dibuang ke *septic tank*, sementara *grey water* adalah air buangan rumah tangga selain *black water*, yang selama ini terbuang begitu saja ke tanah atau saluran air. Proporsi *grey water* mencapai 70% dari buangan cair rumah tangga dan cenderung tidak diolah sehingga mencemari lingkungan. Kandungan yang

Universitas Indonesia

terdapat dalam Feses dan urin akan mempengaruhi kualitas air limbah domestik tersebut (Tabel 2.3.). Di dalam feses juga terdapat berbagai bakteri *coliform* yang menjadi indikator air limbah tercemar dengan feses.

2.1.2.1. Karakteristik Fisika Air limbah

Sifat fisik air limbah dapat dilihat (warna atau kekeruhan), dirasa (bau) dan diraba (panas/suhu) dengan cara sederhana menggunakan panca indera manusia. Namun agar objektif tetap dibutuhkan metode, alat dan satuan yang jelas selain itu dapat dipertanggungjawabkan.

1. Warna

Warna bisa diakibatkan oleh adanya bahan-bahan terlarut, tersuspensi di dalam limbah cair dapat bersumber dari buangan rumah tangga, industri serta benda organik lainnya. Warna yang buruk, dapat mengganggu estetika, mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam badan air sehingga mengganggu fotosintesis. Terganggunya proses ini membuat kandungan oksigen terlarut berkurang, sehingga mengganggu kehidupan di dalam air.

2. Bau

Bau yang ditimbulkan oleh limbah cair, adalah tanda adanya pelepasan gas berbau, misalnya H_2S . Gas ini ada karena adanya peruraian zat organik sulfat atau belerang, pada kondisi minim oksigen (Metcalf dan Eddy, 2004).

3. Suhu

Suhu yang tidak sesuai dengan suhu badan air penerima, menyebabkan kehidupan biota air terganggu, terutama bila suhu limbah cair lebih tinggi dari suhu badan air penerima. Suhu juga berpengaruh pada beberapa karakteristik limbah lainnya, naiknya tingkat reaksi kimia dan biokimia, kelarutan gas berkurang, kelarutan mineral naik, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan berubah akibat suhu yang labil (Metcalf dan Eddy, 2004).

4. Zat Padat dalam Limbah Cair

Di dalam limbah cair, dijumpai adanya padatan terlarut, padatan tersuspensi, dan koloid. Penggolongan zat padat dalam limbah cair untuk memudahkan dalam memiliki teknik pengendapan yang akan diterapkan sesuai partikel yang ada di dalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar akan memudahkan proses pengendapan, sedangkan jika berisi partikel kecil akan sulit terendapkan. Pengendapan partikel kecil yang sulit terendapkan harus dipilih cara atau teknologi yang membantu pengendapan tersebut.

a. Padatan terlarut

Padatan terlarut berukuran dari 1 m μ , berupa asam, basa, logam berat, dan berbagai bahan organik yang menyebabkan kualitas badan air menurun (Metcalf dan Eddy, 2004).

b. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi dapat berupa zat organik, atau anorganik yang memiliki diameter yang lebih besar dari 1 m μ . padatan tersuspensi dapat mengendap tanpa bantuan koagulan, namun memerlukan waktu lama, sebab zat ini hanya mengandalkan gaya berat untuk mengendap (Alaert, 1984 dalam Rahayu 1996).

c. Koloid

Koloid adalah padatan berukuran antara 1 m μ sampai 1 μ . Koloid tidak dapat diendapkan begitu saja, tetapi baru dapat dihilangkan dengan bantuan oksidasi biologis, atau digumpalkan dengan koagulan, kemudian diendapkan (Metcalf dan Eddy, 2004).

2.1.2.2. Karakteristik Kimia Air Limbah

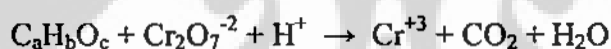
Kandungan COD

Sifat kimia meliputi identifikasi keberadaan zat organik, anorganik, dan gas. Zat organik biasanya terdiri atas C, H, dan O dalam bentuk karbohidrat atau lemak, dan juga ada unsur N, P, dan S, dalam bentuk protein. Biasanya zat organik yang terdapat dalam limbah cair terdiri atas protein 40-60%, karbohidrat 25-50%, dan lemak 10%. Kebanyakan zat organik tersebut dapat terurai secara biologi, tetapi

ada juga sebagian yang sulit terurai seperti lignin dan selulosa (Metcalf dan Eddy, 2004).

Di dalam air, mikroorganisme memanfaatkan zat organik untuk memenuhi kebutuhan makanannya, dan juga membutuhkan oksigen untuk bernafas. Reaksi yang terjadi adalah reaksi biokimia mikroorganisme, yang meliputi sintesis sel dan oksidasi. Semakin banyak zat organik di dalam air, semakin cepat mikroorganisme berbiak, dan dengan sendirinya kebutuhan oksigen semakin banyak dan mengakibatkan kadar oksigen dalam air berkurang. Tingkat pencemaran zat organik dapat diketahui dengan mengukur kadar BOD, COD, dan organik KMnO_4 .

COD adalah angka yang menunjukkan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang ada dalam 1 liter sampel air limbah, dengan bantuan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Uji COD dilakukan pada suhu sekitar 150°C , dibantu katalis perak sulfat. Reaksi pada pengukuran COD sebagai berikut:



Tabel 2.4. Kekuatan Air Limbah (Mara, 2003)

Kekuatan	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)
Lemah	< 200	< 400
Menengah	350	700
Kuat	500	1000
Sangat kuat	>750	>1500

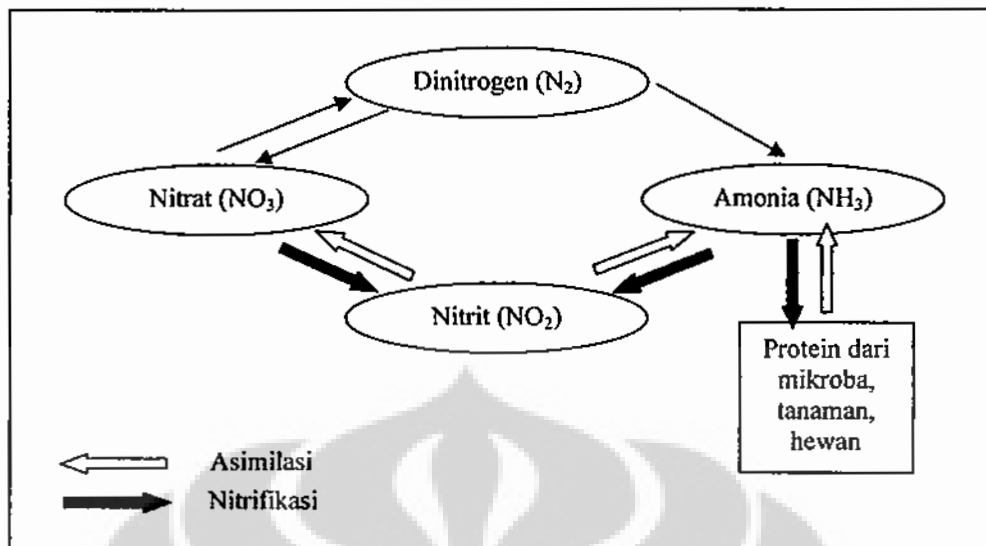
Penghitungan jumlah bahan organik dilakukan dengan menghitung jumlah dikromat yang tersisa di akhir pengukuran. Perbedaan antara jumlah sebenarnya yang ada, dengan jumlah yang tersisa terjadi setelah proses perubahan organik menjadi bentuk CO_2 , H_2O , NH_4^- , PO_4^{3-} , dan SO_4^{2-} . Analisa COD membutuhkan waktu relatif singkat dibandingkan dengan BOD, yaitu sekitar 3 jam. Gangguan bahan beracun pada mikroorganisme, tidak menimbulkan masalah. Air yang mempunyai kadar COD sangat besar menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar, karena dengan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan untuk

mengoksidasi material-material organik yang terdapat dalam air. Duncan Mara (2003) membagi kekuatan air limbah menjadi empat bagian (Tabel 2.4.).

Kandungan Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur esensial dalam pertumbuhan mikroorganisme, tumbuhan dan binatang yang dikenal sebagai biostimulan, karena nitrogen sebagai penyusun struktur yang terlibat dalam sintesis protein. Buangan limbah domestik mengandung nitrogen yang terikat secara organik sebagai protein, asam nukleat, urea ($\text{CO}(\text{NH}_4)_2$) atau sebagai ion ammonium (NH_4^+). Nitrogen berasal dari (1) senyawa nitrogen yang berasal dari tanaman dan binatang, (2) Sodium nitrat, dan (3) *Athmospheric nitrogen*. Sebagai contoh perolehan amonia dari pembusukan tanaman yang didapat dari destilasi *bioluminous coal*. Biasanya data nitrogen dibutuhkan untuk mengevaluasi air limbah dengan proses biologi.

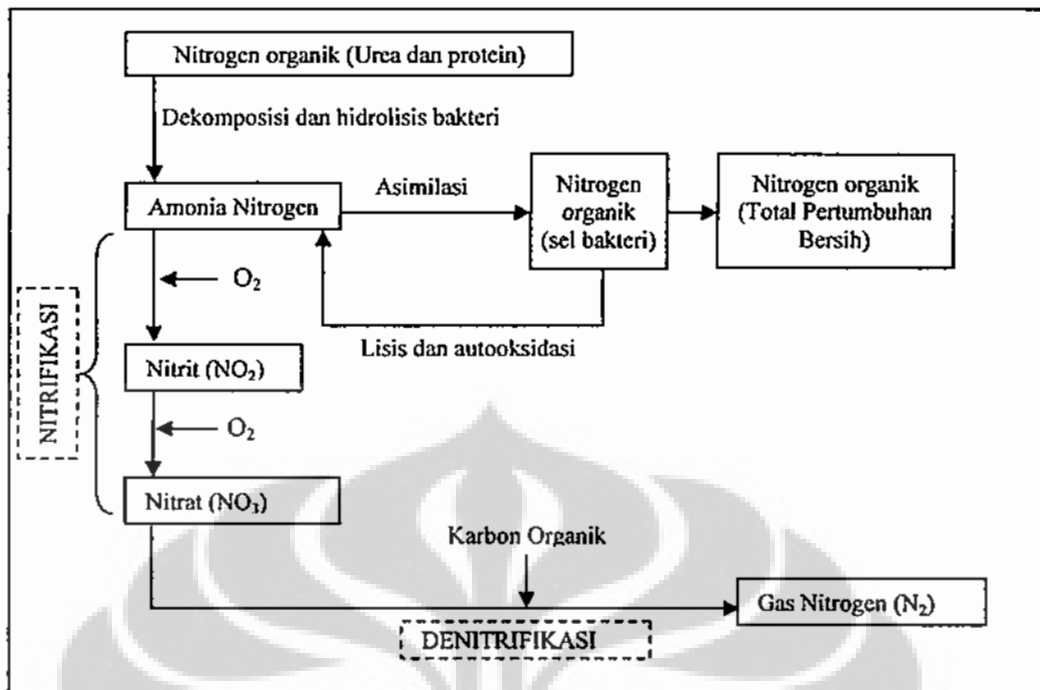
Menurut Ryding & Rast (1989) dalam Nurul (2003), suatu perairan masuk dalam kategori eutrofik bila kandungan total nitrogen di perairan sebesar 0,39 mg/l dan bila melebihi 6,1 mg/l masuk sebagai hipertrofik. Namun, konsentrasi nitrogen dalam limbah dapat ditoleransi tergantung pada kemampuan badan air penerima untuk mengencerkan. Nitrogen memiliki beragam bentuk pada limbah cair dan mengalami berbagai reaksi kimia, hingga menjadi lebih mudah dihilangkan dalam air. Terdapat dua mekanisme untuk menghilangkan nitrogen, yaitu asimilasi dan nitrifikasi-denitrifikasi.



Gambar 2.1. Siklus Nitrogen Di Badan Air (Horan, 1990 dalam Nurul, 2003)

Metode fisika-kimia tidak ekonomis dan efektif untuk menghilangkan nitrogen, karena tingginya biaya operasional. Sedangkan, pengolahan biologi dapat menghilangkan hingga 30% dari total nitrogen dengan amonifikasi dan sedimentasi dan sisa amonia dapat dihilangkan dengan nitrifikasi pada siklus nitrogen. Nitrogen menjadi nutrisi dan penyusun tubuh mikroba, sehingga mampu mengasimilasi amonia-nitrogen dan terlibat reaksi di dalam sel bakteri tersebut. Konsentrasi amonia-nitrogen akan kembali ke dalam limbah cair jika bakteri tersebut telah mengalami kematian dan kehancuran sel (Gambar 2.1).

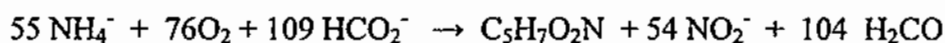
Menghilangkan ammonia-nitrogen dalam proses nitrifikasi-denitrifikasi dapat dilakukan dengan dua langkah. Langkah pertama adalah nitrifikasi, kebutuhan oksigen untuk ammonia berkurang dengan mengubah amonia menjadi nitrat, tahap ini nitrogen mengalami perubahan bentuk. Langkah kedua adalah denitrifikasi, nitrat dirubah menjadi bentuk gas dan menghilang ke udara (Gambar 2.2).



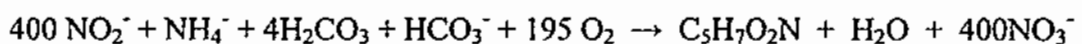
Gambar 2.2. Proses Pengelolaan Nitrogen Melalui Proses Biologi (Tchobanoglous, 2003: 616)

Nitrifikasi adalah langkah awal menghilangkan nitrogen yang melibatkan dua spesies bakteri pengurai yaitu nitrosomonas dan nitrobakter. Nitrosomonas mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrit akan diubah menjadi nitrat oleh nitrobakter. Dibutuhkan sekitar 4,3 mg/O₂/mg oksidasi amonia-nitrogen untuk penguraian nitrat-nitrogen (Tchobanoglous, 1991). Aktivitas kedua mikroorganisme tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, bahan organik, anorganik, konsentrasi amonia dan asam nitrat.

Bakteri Nitrosomonas:



Bakteri Nitrobacter:



Denitrifikasi menjadi tahap kedua dalam menghilangkan nitrogen melalui proses nitrifikasi-denitrifikasi. Penghilangan nitrogen dalam bentuk nitrat, dengan

merubahnya menjadi gas nitrogen secara biologi dengan kondisi tanpa oksigen (*anoxic*), proses ini diidentifikasi dengan proses denitrifikasi anaerobik. Perubahan nitrogen-nitrat ke bentuk lainnya dapat dilakukan oleh beberapa jenis bakteri yang bersifat heterotrof dengan dua tahap. Tahap pertama perubahan dari nitrat menjadi nitrit, dengan menghasilkan oksidasi nitrit, oksidasi nitrat dan gas oksigen, dan tiga senyawa terakhir berupa gas yang dapat menguap ke atmosfer.

Konsentrasi oksigen menjadi faktor penentu dalam proses denitrifikasi (Tchobanoglous, 1991). Keberadaan oksigen terlarut akan menekan sistem enzim yang dibutuhkan untuk proses denitrifikasi. Kondisi basa terjadi selama proses perubahan nitrat menjadi gas nitrogen, karenanya akan meningkatkan pH dan optimal pada kisaran pH 7 hingga 8 tergantung bakteri yang terlibat. Selain itu temperatur akan mempengaruhi nilai penghilangan nitrat dan pertumbuhan mikroba.



2.1.2.3. Karakteristik Biologi Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen (Sugiharto, 2008: 95). Dasar pengolahan limbah secara biologi adalah mengurangi atau menghilangkan pencemar organik yang terdapat dalam limbah cair dengan bantuan mikroorganisme khususnya bakteri. Aktivitas mikroorganisme membutuhkan energi, karbon, dan zat anorganik seperti nitrogen, sulfur, kalsium, fosforus, dan karbondioksida (Metcalf dan Eddy, 2004). Sumber energi mikroorganisme didapat dari merubah materi organik menjadi gas dan jaringan. Jaringan memiliki berat jenis lebih besar dari pada berat jenis air, sehingga dapat dipisahkan dengan gravitasi.

1. Karbon dan Sumber Energi

Karbon dan sumber energi yang dapat dipakai oleh mikroorganisme adalah bahan organik dan karbon dioksida. Organisme yang dapat menggunakan karbon organik guna membentuk jaringan sel disebut heterotrof. Organisme yang memakai sumber karbon dari karbon dioksida disebut autotrof. Konversi karbon dioksida menjadi jaringan sel organik merupakan proses reduksi yang memerlukan input energi. Jenis autotrof memerlukan energi untuk sintesis lebih banyak dari jenis heterotrof, maka biasanya kecepatan pertumbuhan organisme autotrof lebih rendah (Metcalf dan Eddy, 2004). Cahaya dan reaksi oksidasi-reduksi juga dapat digunakan sebagai sumber energi. Organisme yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi disebut fotoautotrof. Sedangkan organisme yang mendapatkan energi dari reaksi kimia disebut khemoautotrof seperti bakteri nitrit.

2. Keberadaan Oksigen

Mikroorganisme yang memperoleh tenaga dengan memakai enzim sebagai media transport dari sebuah donor elektron menuju sebuah akseptor elektron dari luar (*external electron acceptor*) disebut organisme dengan sistem metabolisme bernafas. Bila molekul oksigen dipakai sebagai elektron penerima, maka sistem ini disebut memiliki pernapasan aerob. Organisme yang sangat bergantung pada keberadaan oksigen untuk mendapatkan tenaga, disebut memiliki sistem pernapasan aerob mutlak (Metcalf dan Eddy, 2004).

Oksidasi senyawa anorganik seperti nitrat, dan nitrit, dapat berfungsi sebagai elektron penerima, dalam sistem metabolisme pernafasan walaupun tanpa keberadaan oksigen. Organisme yang menghasilkan energi tanpa partisipasi elektron penerima dari luar disebut sebagai organisme dengan sistem metabolisme fermentasi. Apabila fermentasi dilakukan betul-betul tanpa keberadaan oksigen, maka sistem ini dinamakan *obligately anaerobic*. Organisme mampu melakukan metabolisme baik dalam kondisi ada maupun tidak ada oksigen disebut dengan fakultatif anaerob. Fakultatif anaerob dibedakan menjadi *true facultative*, dan *aerotolerant*. *True facultative* adalah organisme yang mampu berubah dari sistem

fermentasi ke sistem respirasi. *Aerotolerant* adalah organisme yang cenderung lebih bersifat fermentatif, namun kurang peka terhadap keberadaan oksigen.

2.1.3 Pengolahan Air Limbah

2.1.3.1. Pengolahan Air Limbah Di Negara Maju

Mengolah air limbah seringkali diabaikan di negara berkembang, padahal dampak yang ditimbulkan dari pencemaran air limbah telah nyata dan dipastikan mahal. Walaupun berbeda kemampuan finansial, Jakarta dapat mencontoh keseriusan Singapura dalam mengelola air limbah. Singapura sebagai negara maju, namun dengan keterbatasan lahan mampu memperbaiki kualitas airnya sekaligus menyediakan air baku bagi warganya melalui *neWater*. Semenjak berdiri tahun 2003, *neWater*, tempat pengolahan air parit menjadi air bersih juga menjadi salah satu objek wisata. Di areal tanah sekitar lima hektar, unit pengolahan airnya terdiri dari kolam penampungan air, bangunan penerangan proses pengolahan daur ulang air bersih, tempat mesin penyaringan, dan dua tangki besar.

Singapura memiliki keinginan kuat untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya sendiri dan tak ketergantungan dengan impor air dari Malaysia semenjak tahun 1961. Tujuan utama *neWater* adalah memenuhi kebutuhan sendiri dan untuk generasi mendatang untuk merealisasikannya, Public Utilities Board (PUB) atau Badan Pekerjaan Umum Singapura menganggarkan dana untuk infrastruktur air senilai US\$1,47 miliar, yang berdampingan dengan proyek reklamasi air senilai US\$2,63 miliar.

Hingga kini Pemerintah Singapura memiliki tiga pabrik *neWater*, dan perusahaan swasta Keppel Corp ikut mengelola sebuah pabrik dan tambahan satu pabrik lainnya ditangani SembCorp Industries. Melalui metode ini, pengolahan *neWater* diperkirakan menanggung 30% suplai air minum Singapura pada 2010. Sesungguhnya penggunaan air bekas atau daur ulang air limbah telah diterapkan di banyak negara di dunia, selain di Singapura, Inggris, California, juga sudah ada di Florida, Arizona, Virginia, dan Israel, namun masih terbatas untuk irigasi bukan untuk konsumsi.

Pengolahan daur ulang air limbah neWater di Singapura itu sangat sederhana dengan menggunakan beberapa proses yakni, penyaringan mikroskopis (MF), osmosis terbalik (RO) dan teknologi penghilangan zat pencemar dengan sinar ultraviolet. Awalnya, air kotor yang ada di kolam dipompa ke dalam sebuah tank untuk proses penyaringan dan unsur-unsur besar. Kemudian, air akan dialirkan ke tank kedua yang langsung memompa oksigen, mengendapkan lumpur, dan menyaring melalui membran khusus. Air limbah lalu dialirkan melewati serat-serat mikroskopis (MF). Setiap serat dapat menyaring partikel-partikel berukuran 0,2 mikron (0,0002 milimeter).

Penyaring ini dapat menahan zat padat yang mengambang dan partikel koloid dan menurunkan kekeruhan air. Penyaringan pertama ini juga menghilangkan bakteri dan protozoa. Setiap lima belas menit sekali penyaring itu dibersihkan dan lima tahun sekali penyaingnya diganti. Air tersebut harus melewati proses osmosis terbalik (RO) dengan menggunakan tekanan agar air mengalir dari sisi pekat ke sisi yang kurang kepekatannya melalui selaput semipermeabel. Selaput itu menahan zat anorganik seperti logam berat, nitrat, klorida, sulfat, serta bahan organik seperti cemaran, pestisida. Pori-pori selaput ini ukurannya 0,001 mikron. Proses ini menghilangkan 95 persen zat padat tak larut dan virus. Air tersebut melalui penyaring zat pencemar ultraungu atau ultraviolet. Di sini mendukung proses pertama dan kedua untuk menghilangkan bakteri atau virus yang terlewatkan oleh selaput pada proses osmosis terbalik, dan terakhir masuk proses sterilisasi. Setelah itu, air siap diminum itu baru disalurkan ke rumah tangga dan industri, saat ini neWater mampu memproduksi 16 juta kubik per hari.

2.1.3.2. Pengolahan Air Limbah Di Waduk Setiabudi DKI Jakarta

Waduk Setiabudi menggunakan teknologi kolam aerasi untuk menyisahkan berbagai pencemar air limbah. Pengolahan air limbah dengan lagoon atau kolam, menampung air limbah di kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga mikro-organisme tumbuh alami dan menguraikan senyawa polutan. Proses aerasi dilakukan untuk mempersingkat waktu tinggal dari teknik lagoon yang disesuaikan dengan luas, kedalaman dan kandungan pencemarnya.

Di negara berkembang khususnya di DKI Jakarta pemilihan teknologi pengolahan air limbah tidak dapat mengabaikan kemampuan dan ketersediaan sumberdaya yang ada. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih teknologi pengolahan air limbah:

1. Jumlah air limbah yang akan diolah

Jenis limbah dapat dilihat dari hasil kualitas air limbah dan jumlahnya menentukan jumlah beban pencemaran yang akan diolah. Jumlah dan jenis limbah menentukan waktu tinggal dalam reaktor, volume reaktor, jumlah media, jumlah volume udara untuk proses aerasi, dan besarnya pompa untuk resirkulasi.

2. Kemudahan pengolahan

Pertimbangan kemudahan pengolahan menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan teknologi, kondisi ini berkaitan dengan kesediaan SDM yang ada dan biaya operasionalnya. Sumber daya manusia dan faktor pembiayaan menjadi kendala bagi Indonesia.

3. Biaya Pengoperasian

Biaya operasional merupakan pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan. Biaya pengoperasian pengolahan limbah pada akhirnya dibebankan kepada konsumen. Saat ini, pengolahan limbah masih banyak disubsidi oleh pemerintah dan konsumen masih merasa berat dibebankan biaya pengoperasian seluruhnya.

4. Kualitas hasil olahan

Kualitas air olahan minimal sesuai dengan baku mutu air limbah yang berlaku di DKI Jakarta, jika semakin tinggi efisiensinya, maka kualitas olahannya semakin baik. Kualitas air yang diharapkan dapat ditingkatkan sesuai dengan kriteria baku mutu bila ingin dimanfaatkan kembali sebagai sumber air bersih.

5. Ketersediaan lahan

Setiap sistem dengan efisiensi yang beragam membutuhkan lahan yang beragam pula, tergantung waktu tinggal, efisiensi proses, debit dan faktor lainnya.

6. Sumber energi

Pengolahan limbah membutuhkan sumber energi listrik untuk pompa, sirkulasi, penerangan dan lainnya. Besarnya pemakaian listrik akan menambah biaya operasional pengolahan limbah, dan kecendrungan kenaikan tarif dasar listrik menjadi pertimbangan agar tidak menggunakan listrik yang terlalu besar dan berlebihan.

Menurut Mara (2003), dasar pertimbangan penggunaan teknologi meliputi *low cost* (baik biaya pengoperasian dan perawatannya), *Simplicity* (keringkasan dan kesederhanaan pengoperasian dan perawatannya), *Low energy* (penggunaan energi sekecil mungkin untuk biaya operasional yang rendah), *Low of chemicals* (penggunaan bahan kimia seminim mungkin untuk menghindari kerusakan lingkungan), *High performance* (kemampuan untuk menghasilkan *effluent* yang baik), dan *Low sludge production* (hanya menghasilkan lumpur yang sedikit).

Selain pertimbangan yang telah disebutkan di atas, ada kendala yang spesifik di Waduk Setiabudi, antara lain:

1. Waduk Setiabudi berfungsi ganda

Waduk Setiabudi berfungsi sebagai pengendali banjir (penampung air dari saluran drainase kota) dan sebagai instalasi pengolahan air limbah. Fungsi pengendalian banjir sangat penting di DKI Jakarta namun akan mengganggu kualitas air *effluent* yang telah ditetapkan melalui baku mutu. Peningkatan debit inlet air akan menyebabkan kapasitas air olahan menjadi besar dan kualitas air yang masuk ke IPAL tidak terkontrol. Sebagai drainase kota, akan banyak materi yang mengalir terutama lumpur dan pasir mengurangi kapasitas optimum Waduk Setiabudi.

2. Gangguan Sampah

Sampah padat yang terbawa oleh aliran drainase mengotori waduk, mengganggu kinerja IPAL, dan menguras energi untuk pembersihannya. Sampah plastik yang terapung menutupi permukaan air waduk sehingga mengganggu penyerapan oksigen ke dalam air.

3. Keterbatasan lahan

Lahan Waduk Setiabudi sangat terbatas, Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Jakarta sebagai pemegang otorita tidak menginginkan berubahnya fungsi penampungan air. Lahan yang dapat dimanfaatkan sebagai area kerja instalasi pengolahan air limbah hanya sebesar 581 m² dikurangi dengan bangunan yang telah ada seperti gardu PLN, ruang kontrol, dan pos jaga.

2.1.3.3. Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

Teknologi yang digunakan dalam mengolah air limbah domestik yang mengandung senyawa organik sebagian besar menggunakan aktivitas mikro-organisme. Mikro-organisme tersebut akan mengurai bahan organik dan prosesnya disebut dengan proses biologis.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dilakukan dalam kondisi aerobik (dengan kehadiran oksigen), anaerobik (tanpa kehadiran oksigen), atau kombinasi aerobik dan anaerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi.

a. Proses Anaerob Biologis

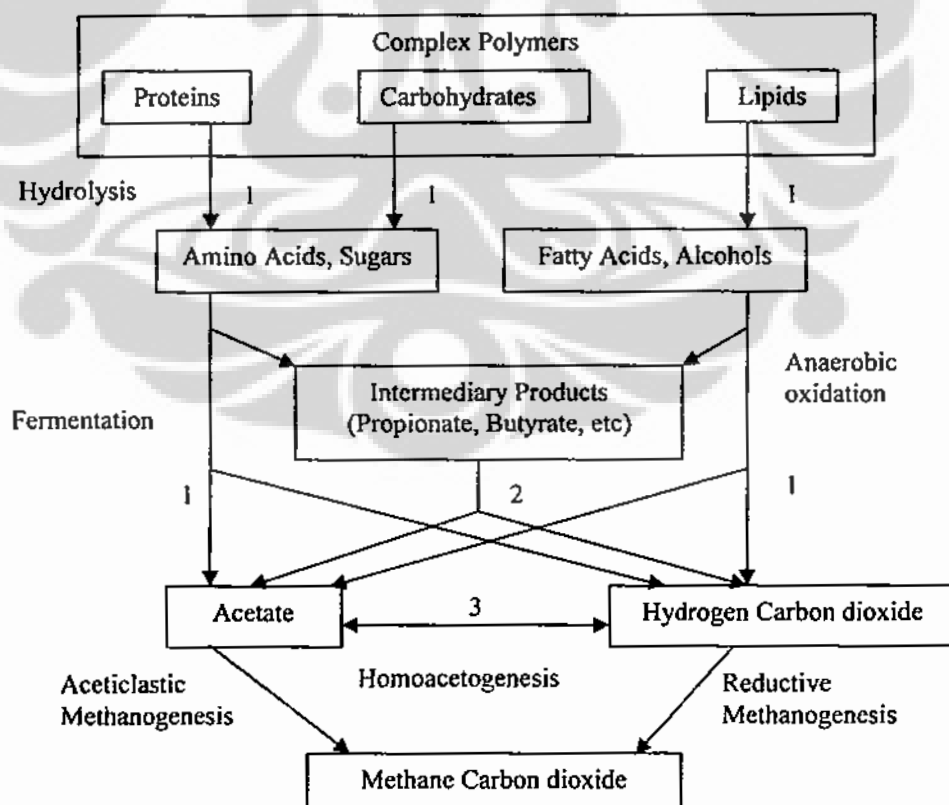
Proses anaerob efektif menghilangkan bahan organik dan padatan tersuspensi/ *suspended solid* (Fang & Chung, 1999 dalam Tawfik *et a*, 2008). Proses anaerob mengurai bahan organik menjadi biogas dan sebagian terikat sebagai sel biomassa. Konversi bahan organik menjadi gas metana adalah proses yang kompleks dan melibatkan beberapa kelompok bakteri.

Secara garis besar proses pembentukan gas metana terdiri atas tahapan berikut:

1. Bahan organik → (Bakteri/ Hidrolisis) → Asam organik
2. Asam organik → (Bakteri/ Asetogenik) → Asam asetat
3. Asam asetat (Bakteri/ Metanogenik) → Metana + CO₂

1. Tahapan Hidrolisis

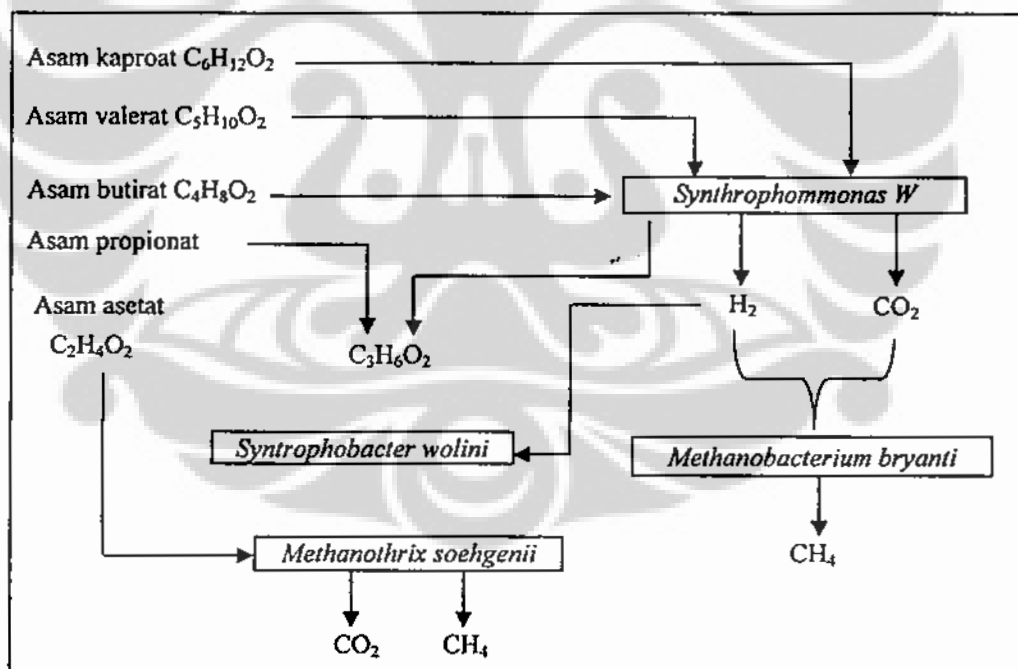
Perubahan bahan organik yang kompleks (makro molekul) seperti polikarbohirat, protein dan lemak menjadi bahan sederhana (bermolekul rendah) seperti monosakarida dan asam-asam karboksilat (format, asetat, propional, butirat) dalam tahap hidrolisis. Organisme yang bekerja pada proses ini adalah jenis fakultatif dan atau obligat anaerob, dikelompokkan dalam *acidogenesis* (pembentuk asam) seperti *Clostridium sp*, *Peptococcus anaerobus*, *bifidobacterium spp*, *lactobacilus* dan *Actinomyces* (Metcalf dan Eddy, 2004). Beberapa kelompok bakteri mengkatalis reaksi dan memerlukan waktu selama pemecahan anaerobik: (1) bakteri fermentatif, (2) bakteri asetogenik penghasil hidrogen, (3) bakteri asetogenik pengonsumsi hidrogen, (4) metanogen pereduksi karbon dioksida, dan (5) *aceticlastic methanogens*, skematik proses pemecahan anaerobik (Gambar 2.3)



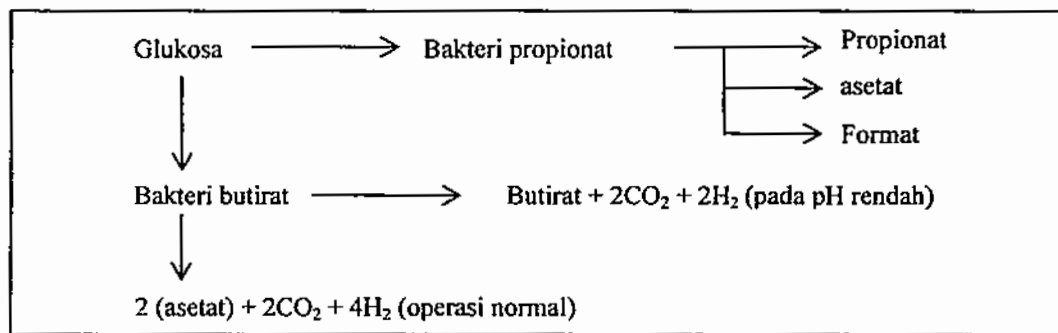
Gambar 2.3. Skema Proses Anaerob (Seghezzo 2004).

2. Tahapan *Acidogenesis* dan *Asetogenesis*

Tahapan asidogenesis ketika senyawaan terlarut dirubah menjadi senyawaan yang sederhana seperti asam lemak atsiri, alkohol, asam laktat, CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S dan bahan sel baru. Tahapan asetogenesis saat mikroorganisme jenis *syntropic acetogenic* bekerjasama dengan organisme *methanogen* pengonsumsi hidrogen untuk menguraikan asam propionat dan format menjadi asam asetat, H_2O dan CO_2 . *Syntrophomonas wolfei* adalah organisme yang mampu melakukan fermentasi dari asam oktanat, asam heptanoat, asam valerat, dan asam butirat menjadi asam asetat, dan asam propionat. Gas hidrogen yang dihasilkan akan dikonsumsi oleh *Methanobacterium bryantii* untuk melanjutkan proses fermentasi.



Gambar 2.4. Peranan Organisme *Syntrops*, dan *Methanogen* dalam Proses Pembentukan Gas Metana (Mc Carthy & Mosey, 1991 dalam Rahayu, 1996)



Gambar 2.5. Model *Acidogenesis* pada Digester Anaerob (McCarty, 1991) dalam Rahayu, 1996

Penelitian Mosey dan Ferdinand (Mc Carty dan Mosey, 1991), menunjukkan bahwa pembentukan berbagai asam volatil ditentukan oleh kompetisi penggunaan karbohidrat di antara bakteri penghasil propionat, dan butirat. *Propiona bacteria* dan *Enterobacteriaceae* tidak terpengaruh oleh tekanan parsial hidrogen. Hasil asam propionat, asam asetat, dan asam formiat diperoleh dalam perbandingan tertentu. Ketika pH netral, dan konsentrasi makanan tinggi, bakteri ini berkembang biak dengan baik, namun peka pada pH rendah. Sebaliknya bakteri penghasil asam butirat, misalnya *Clostridia* mampu bertahan pada pH rendah, tekanan hidrogen rendah dan kondisi miskin substrat. Selama proses, beberapa bakteri yang mampu menghasilkan asam butirat hilang dan berubah sifatnya jadi *acetogen*, yang menghasilkan asam asetat, karbondioksida dan gas metana (McCarty dan Mosey, 1991 dalam Rahayu, 1996).

3. Tahapan Metanogenesis

Tahapan ini didominasi kelompok bakteri methanogen yang umumnya bersifat obligat anaerob serta sangat peka terhadap oksigen. *Methanotherix spp* dan *Methanosarcina spp* bersama-sama melakukan fermentasi terhadap asetat menjadi karbondioksida dan metana. Terjadi kompetisi terhadap kebutuhan asam asetat dari kedua bakteri ini. Umumnya kompetisi selalu terjadi antara bakteri yang berperan dalam proses pengolahan selama aklimatisasi.

Methanotherix spp memiliki bentuk *rod* (batang) kadang bisa berbentuk *filamen* (kawat), tumbuh lambat, dengan waktu pembelahan sekitar 4 hari pada suhu 35°C. Mempunyai ketahanan tinggi karena bersifat *scavenger* yaitu mampu

memanfaatkan sel mati dari organisme, dan memiliki afinitas tinggi terhadap asam asetat (Mc Carty dan Mosey, 1991 dalam Rahayu, 1996).

Methanosarcina spp berbentuk *cocoid*, dengan kecepatan pertumbuhan relatif lebih cepat dari pada *methanothrix spp* dengan waktu pembelahan sekitar 1,5 hari, namun tidak mampu bertahan pada kondisi kurang makanan. Akibatnya terjadi kompetisi di antara dua bakteri tersebut terhadap kebutuhan asam asetat, kompetisi tersebut merupakan hal biasa terjadi, jika dapat diketahui kecenderungan model populasinya akan membantu sistem aklimatisasi (McCarty dan Moses, 1991 dalam Rahayu, 1996).

Organisme *acidogen* mempunyai kecepatan pertumbuhan dan hasil tinggi, sedangkan golongan *acetogen*, mempunyai kecepatan pertumbuhan dan *yield* lebih rendah, tetapi hanya dapat tumbuh pada tekanan hidrogen yang sangat rendah. Golongan *methanogen*, mempunyai kecepatan pertumbuhan lambat, hasil rendah, mampu bertahan pada substrat yang minim dan afinitas tinggi terhadap hidrogen.

Tabel 2.5. Pembagian Kelompok Mikroorganisme

Kelompok Mikroorganisme	Mikroorganisme	Nutrisi
Hidrolisis	<i>Clostridium, Thermocellum</i>	<i>Heterotroph</i>
H_2 Producing	<i>S-isolate</i>	<i>Heterotroph</i>
<i>Acetogen</i>	<i>Acetobacter</i>	<i>Micotroph</i>
<i>Homoacetogen</i>	<i>Methanobacter</i>	<i>Autotroph</i>
<i>Methanogen</i>	<i>Thermoatotrophicum</i> <i>Methanosarcina</i>	<i>Micotroph</i>

Sumber: Hadi, 1984 dalam Digdoyo, 1998

Dibandingkan dengan sistem aerob, sistem anaerob lebih menguntungkan karena dapat menghasilkan energi listrik 0,81 Kwh/kg COD dan energi panas gas bio 7000 BTU/kg COD. *Removal capacity* sistem anaerob dapat mencapai 80-90% COD, sedangkan sludgenya mengurangi penggunaan air mencapai 3-10%. Sludge yang dihasilkan pada sistem anaerob ke proses selanjutnya 60% COD, sedangkan proses aerob membutuhkan energi mencapai 11 Kwh/kg COD.

Proses anaerob dibedakan antara proses tersuspensi dan proses melekat bila ditinjau dari mikroorganismenya. Proses pengolahan sistem melekat dikenal dengan *anaerobic filter process* dan *expanded bed process*, sedangkan proses pengolahan sistem pertumbuhan tersuspensi adalah *anaerobic digestion*, *anaerobic contact process* dan *upflow anaerobic sludge blanket/UASB* (Metcalf dan Eddy, 2004). Pertumbuhan tersuspensi karena reaktor UASB ini mempunyai kecepatan pengendapan serta pertumbuhan granulat yang tinggi, sehingga membentuk selimut tebal sepanjang reaktor.

Perlakuan anaerobik terbukti menjadi proses yang mengagumkan dan menjadi pertimbangan banyak peneliti sebagai pengolahan utama limbah yang berkelanjutan (Zeeman and Lettinga, 1999; Hammes *et al.*, 2000; Gijzen, 2001 dalam Nidal 2002). *Upflow Anaerob Sludge Blanket (UASB)* dikembangkan oleh Lettinga dan rekan sekitar tahun 1980-an telah dibuktikan efektif untuk mengolah limbah cair perkotaan (Letinga *et al.*, 1993 dalam Tandukar *et al.*, 2005). Gambaran singkatnya, influen dimasukan dari bawah ke atas ke atas melalui lapisan *sludge* (lumpur) dalam kondisi anaerobik, dan gas yang dihasilkan dipisahkan melalui instalasi *gas-solid-liquid* separator.

Teknologi UASB skala penuh diuji secara intensif di daerah tropis dan subtropis seperti Brazil, Colombia, dan India (van Haandel dan Lettinga, 1994; Foresti, 2002; dalam Mara, 2003). Teknologi UASB digunakan sebagai *primary treatment* untuk limbah domestik, limbah *high-strength* biodegradable industri dan agro-industri. Dean dan Horan, 1995 dalam Mara, 2003 menemukan hasil UASB yang memuaskan dalam mengolah campuran limbah domestik dan industri di negara berkembang Mauritius.

Reaktor UASB memiliki zona biologis dan zona sedimentasi, dalam zona reaksi biologis zat organik yang mengalir secara vertikal pada tabung reaksi dirubah menjadi gas metana, karbon dioksida, sedangkan zona sedimentasi menjadi wadah *sludge*. Reaktor UASB yang baik, bila *sludge* dirubah menjadi granular, sehingga terbentuk biomassa yang tinggi dan akan mengurai zat organik hingga

menghasilkan efisiensi *removal volumetric* COD yang tinggi. Penyisihan COD lebih efektif pada suhu hangat (22-26°C) (63%), suhu dingin (20-22°C) (46%), (Azimi dan Zamanzadeh, 2004), pada suhu 6°C, UASB mampu menyisihkan COD hingga 40% (Kripa & Viraraghavan dalam Azimi dan Zamanzadeh).

Digester tipe UASB tersusun dari lumpur lapisan dasar (*bottom layer*), selimut lumpur (*sludge blanket*) dan cairan lapisan atas (Lettinga, 1995 dalam Bitton, 2005). Air limbah mengalir dari bawah ke atas melalui lapisan lumpur, yang ditutupi lapisan mengapung dari kumpulan bakteri aktif. Gas separator akan memisahkan kumpulan lumpur dari air yang telah diolah dan gas dikumpulkan pada bagian atas reaktor (Shink, 1988 dalam Bitton, 2005). Proses ini menghasilkan formasi kompak lumpur granular, yang menahan kekuatan naik aliran air limbah. Lumpur tertahan oleh formasi dari kumpulan mikrobial yang tumbuh hingga mencapai ukuran granul (< 1-5 mm) yang memiliki *volatile suspended solid* (VSS) tinggi dan aktivitas spesifik.

Granul memiliki tiga struktur lapisan (MacLeod *et al.*, 1991; Wu *et al.*, 1987 dalam Bitton, 2005), bagian dalam terdiri dari seperti sel *Methanothrix*, yang berlaku sebagai inti pusat penting untuk inisiasi pengembangan granul. Bagian tengah terdiri dari bakteri batang yang termasuk bakteri asetogen-penghasil H₂ dan organisme pengguna H₂. Lapisan luas terdiri dari campuran batang, kokus, dan *filamentous micoorganism*, lapisan ini campuran dari organisme fermentatif dan organisme penghasil H₂ (Bitton, 2005:363).

Faktor yang berpengaruh selama *anaerobic digestion*, yaitu:

a. Suhu

Produksi metana telah didokumentasikan pada kisaran suhu antara 0 hingga 97°C. Berdasarkan daerah kerja, aktivitas bakteri menjadi tiga yaitu, psikrofilik (< 20°C), mesofilik (20-40°C) dan termofilik (>45°C) (Lettinga & Hulshoff, 1991 dalam Rahayu, 1996). Sedangkan Metcalf & Eddy, 2004 mengklasifikasikannya berdasarkan kisaran dan kondisi optimumnya (Tabel 2.6.). *Anaerobic digestion* pada pengolahan air limbah perkotaan, berada pada kisaran mesofilik. Kondisi

Thermophilic digestion memungkinkan *loading rate* yang tinggi dan kondusif untuk destruksi yang lebih besar terhadap patogen.

Tabel 2.6. Klasifikasi Mikroorganisme Berdasarkan Temperatur

Type	Kisaran Temperatur (°C)	Kisaran Optimum (°C)
Psikrofilik	10-30	12-18
Mesofilik	20-50	25-40
Termofilik	35-75	55-65

Pertumbuhan bakteri metanogen yang lambat dibanding bakteri asidogen menyebabkannya menjadi sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Penggunaan *volatile acids* (asam atsiri) oleh metanogen, penurunan suhu menyebabkan penurunan *maximum specific growth rate* (μ_{max}), ketika *half-saturation constant* K_s meningkat (Lawrence dan McCarty, 1969 dalam Bitton, 2005:355). Oleh sebab itu, mesofilik *digester* harus dirancang pada pengoperasian suhu 30-35°C untuk fungsi optimalnya.

b. Waktu Tinggal Hidraulis (*Hydraulic Retention Time*)

HRT adalah volume kerja UASB dibagi dengan debit umpan (satuan waktu/jam), bila HRT besar maka debit umpan yang diolah menjadi kecil. Sebaliknya jika HRT kecil (semakin cepat waktunya), maka limbah yang diolah semakin besar. HRT tergantung karakteristik air limbah dan kondisi lingkungan. *Digester* berdasarkan *attached growth* memiliki HRT yang rendah (1-10 hari) dari pada berdasarkan *dispersed growth* (10-60 hari) (Polprasert, 1989 dalam Bitton, 2005:355). HRT UASB berkisar 4-12 jam, dan penyisihan COD hingga 75-85% (Metcalf dan Eddy, 2004).

c. pH

Selama proses operasional UASB, aktivitas mikroorganisme juga dipengaruhi oleh pH. Reaktor UASB berjalan baik pada pH 6-8, dan bakteri metanogen akan tumbuh baik pada pH 6,6 – 7,6. Menurut Bitton (2005:355) kebanyakan metanogen berfungsi optimal pada kisaran pH 6,7-7,4 spesifiknya di kisaran pH 6,8-7,2 dan metanogenesis akan gagal jika pH mendekati 6. Ketika pH < 6,6

proses pembentukan gas CH₄ mulai terganggu karena aktivitas bakteri *acetogenic*, yang memiliki pH optimum 5-6 (Yang *et al.*, 1990). Bakteri asidogenesis memproduksi asam organik dan cenderung menyebabkan pH bioreaktor menjadi rendah. Saat kondisi normal, penurunan pH dibuffer oleh bikarbonat dari metanogen, sedangkan kondisi yang buruk, kapasitas bufer dari sistem dapat terganggu dan menghentikan produksi gas metana. Asiditas lebih menghambat bakteri metanogen dari pada bakteri asidogenik (Bitton, 2005). Penambahan tingkat asam atsiri (*volatile acids*) menjadi indikasi awal sistem yang buruk. Pengamatan rasio total asam atsiri (sebagai asam asetat) terhadap total alkalinitas (sebagai kalsium karbonat) disarankan di bawah 0,1 (Sahm, 1984 dalam Bitton, 2005).

Alkalinitas merupakan kemampuan limbah cair di dalam reaktor untuk menetralkan kadar asam. Alkalinitas diperlukan untuk menjaga kestabilan sistem sehingga dapat reaktor berjalan dengan baik. Senyawa bufer yang berada di dalam sistem antara lain NH₃, NH₄⁺, CO₂, HCO₃⁻, H₂CO₃, OH⁻, BO₃⁻, PO₄⁻, dan SiO₄⁻ (Alaert, 1984 dalam Rahayu, 1996). Salah satu metode untuk mengatur keseimbangan pH dengan meningkatkan alkalinitas dengan menambahkan bahan kimia seperti kapur, *anhydrous ammonia*, *sodium hidroxide*, atau *sodium bicarbonate*. Mirsepasi, *et al.*, (2006), menyarankan untuk mengendalikan alkalinitas, VFA, dan OLR agar mendapatkan hasil yang optimum.

d. Tingkat Beban Organik (*Organic Loading Rate/ OLR*)

Tingkat beban organik adalah hasil kali antara debit influen dengan kadar influen dibagi dengan volume kerja reaktor, dalam satuan kg COD/m³/hari.

$$OLR = \frac{\text{Debit umpan} \times \text{kadar influen}}{\text{volume kerja UASB}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Semakin besar konsentrasi limbah, maka OLR semakin besar, menurut Metcalf dan Eddy, UASB mampu beroperasi pada OLR antara 0,25-0,75 lb/COD/ft³/hari.

e. Komposisi Kimia Air

Mikroorganisme membutuhkan karbon (C), Fosforus (P) dan Nitrogen (N) serta unsur lainnya untuk metabolisme dan pertumbuhan selama penguraian bahan organik menjadi gas metana. Jika unsur-unsur tersebut tidak terpenuhi, maka produksi enzim yang digunakan untuk mengurai bahan organik akan terhambat. Produksi gas metana optimal pada rasio COD : N : P = 350 : 50 : 1 (Yang *et al.*, 1990 dalam Rahayu, 1996). Menurut Lettinga, 1995; Sahn, 1984 dalam Bitton (2005: 355) perbandingan C : N : P untuk bakteri anaerobik 700 : 5 : 1. Selain itu asetat, hidrokarbon, karbon dioksida, metana, format, metil amina menjadi substrat yang penting untuk pembentukan gas metana.

Faktor lingkungan akan mempengaruhi pembentukan granulat, seperti tingginya konsentrasi ammonium (lebih dari 2000-3000 ppm) akan mempengaruhi methanogenesis (Hickey, 1991 dalam Rahayu). Keseimbangan antara bakteri penghasil gas metana dan non-metana juga mempengaruhi pembentukan gas metana. Jika keseimbangan tidak tercapai, maka penyebab gangguan ini adalah perubahan komposisi populasi bakteri dalam digester serta perubahan komposisi bahan organik.

f. Senyawa Racun

Banyak toksikan yang menyebabkan kegagalan *anaerobic digestion*. Toksisitas menjadi kurang ampuh (mandul), akibatnya mikroorganisme anaerobik mampu beradaptasi terhadap air limbah yang toksik (Lettinga, 1995 dalam Bitton, 2005). Hambatan dari metanogenesis umumnya diindikasikan dengan berkurangnya produksi gas metana dan meningkatnya konsentrasi *volatile acids*.

Proses anaerobik memiliki keuntungan dari pada proses aerobik (Lettinga, 1995; Lettinga *et al.*, 1997; Sahn, 1984; Speece, 1983; Switzenbaun, 1983 dalam Bitton 2002):

1. *Anerobic digestion* menggunakan CO₂ yang siap digunakan sebagai penerima elektron. Tidak menggunakan oksigen, penambahan oksigen akan menambah biaya pengolahan air limbah.

2. *Anerobic digestion* memproduksi lebih sedikit lumpur sekitar 3-20 kali lebih sedikit dari proses aerobik. Biasanya energi diperoleh dari substrat dalam bentuk produk akhir gas metana (CH_4).
3. *Anerobic digestion* memproduksi gas yang sangat bermanfaat, gas metana. Biogas metana berisi energi sekitar 90%, memiliki nilai kalori mencapai 9000 kcal/m³, dan dapat digunakan untuk menyediakan energi untuk *electricity*.
4. Mengurangi penggunaan energi dalam mengolah air limbah
5. *Anerobic digestion* cocok untuk limbah industri yang *high-strength*
6. Sistem anaerobik dapat mem-biodegradasikan senyawa xenobiotik seperti *chlorinated aliphatic hydrocarbon*.
7. Beberapa investigator memperkirakan proses anaerobik akan meningkat di masa yang akan datang.

Selain itu terdapat kekurangan dari proses anaerobik:

1. Prosesnya lebih lambat dari proses aerobik
2. Lebih sensitif dan terganggu oleh keberadaan toksikan
3. Proses *start-up* memerlukan waktu yang lama

b. Proses Aerob Biologis

Secara garis besar pengolahan air limbah secara biologis aerobik dapat dibagi tiga, yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), biakan melekat (*attached culture*), dan sistem lagoon (kolam). Pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi dengan menggunakan aktivitas mikro-organisme yang dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Proses biologis yang termasuk di dalam teknik biakkan tersuspensi seperti *standard activated sludge*, *extended aeration*, *step aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit).

Pengolahan air limbah dengan biakan melekat dengan media, sehingga mikro-organisme melekat pada permukaannya. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm termasuk di antaranya *trickling filter*, biofilter tercelup, RBC, *downflow hanging sponges* (DHS).

DHS (*Downflow Hanging Sponges*)

Sistem perlakuan lanjutan DHS dikembangkan oleh Prof. Harada di Universitas Teknologi Nagaoka, Jepang, sistem ini didesain untuk diaplikasikan pada negara berkembang sebagai penghasil keseimbangan energi positif dan mengurangi produksi lumpur. Publikasi internasional pertama sistem ini muncul pada tahun 1997 (Agrawal *et al.* 1997; Machdar *et al.*, 1997 dalam Tandukar *et al.* 2006), dengan prinsip menggunakan spons poliuretan sebagai media untuk menahan biomassa. Konsepnya mirip *tricking filter*, tetapi materinya terbuat dari spons yang memiliki pori-pori lebih dari 90% yang meningkatkan tangkapan biomassa secara signifikan. Spons poliuretan menjadi media pendukung untuk berbagai mikroorganisme dengan menyediakan sel hunian lebih lama, meningkatkan difusi udara ke dalam air limbah, serta mengurangi kebutuhan aerasi eksternal, karenanya DHS tidak seperti kebanyakan sistem aerobik yang ada.

Sistem DHS terbuat dari poliuretan (*CF-sponge*) merupakan media dengan luas permukaan mencapai $2.400 \text{ m}^3/\text{m}^2$ sebagai tempat melekatnya mikroorganisme dan dapat berperan sebagai media penyerap (porositasnya 97%) padatan (Tawfik *et al.*, 2008). Spons dalam DHS tidak direndam dan bebas menggantung/ditempatkan di udara, oksigen dapat terlarut ke dalam air limbah ketika mengalir ke bawah, karenanya tidak membutuhkan aerasi atau input energi ke sistem. Kelebihan endapan DHS dapat diabaikan selama SRT (*Solid Retention Time*) memberikan waktu yang cukup untuk autolisis lumpur di dalam sistem itu sendiri. Kelebihan lain sistem DHS adalah walau minim pemeliharaan, tetapi menghasilkan kualitas efluen terutama yang berhubungan dengan senyawa organik dan penghilangan nitrogen. Selain itu, kombinasi sistem UASB dan DHS mengungguli proses lumpur aktif dalam mereduksi *fecal coliform* (Tandukar, *et al.* 2003). Kelebihan utama sistem DHS: laju kolonisasi yang cepat dan padat, area permukaan materi spesifik mencapai $2.400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan porositas 97%, proses yang stabil dan tidak membutuhkan aerasi, produksi lumpur rendah, laju tahanan biomassa cukup untuk penerapan waktu tahanan yang tinggi.

DHS mengalami modifikasi untuk meningkatkan kinerjanya, dengan memperhatikan nilai ekonomisnya serta keandalannya dalam skala penuh. Tipe kubus merupakan generasi pertama (G-1), seperti untaian kalung yang digantung bebas di udara (Agrawal *et al.*, 1997; Machdar *et al.*, 1997 dalam Machdar *et al.*, 2006). Generasi kedua (G-2) merupakan *curtain type*, generasi ketiga (G-3) menyerupai tipe trikling filter DHS, yang membagi bentuk dan unit spons yang teratur. Generasi keempat (G-4) merupakan yang terbaru dirakit di pusat pengolahan limbah cair, Nagaoka Jepang. Bentuk G-4 dengan dimensi spons 2,5 cm x 2,5 cm x 50 cm yang dimasukkan ke dalam jaring plastik pelindung untuk menjaga ke-kakuan spons. DHS G-1 sering digunakan dalam skala laboratorium (*pilot scale*) dan mampu memberikan hasil yang baik sebagai *post treatment* UASB dengan menyisihkan senyawaan organik dan nitrogen dari limbah cair (Machdar *et al.*, 2006).

Kinerja unit pengolahan limbah cair dapat dilihat dari kemampuannya menerima beban kejutan yang masuk. Stabilitas reaktor dari kelebihan beban menjadi salah satu poin terpenting akibat fluktuasi aliran pencemar limbah domestik. Tandukar *et al.*, (2006) menemukan bahwa kinerja sistem DHS hampir tidak terpengaruh dengan kejutan gangguan beban hidraulik. Penyisihan COD-*soluble* akibat kejutan beban, sebagai residu, tetap berada di kisaran dekat dengan kondisi normalnya. Kejutan beban hidraulik merubah proses nitrifikasi, penyisihan Nitrogen amonium berkurang dari 73% (kondisi normal) menjadi 38,3%, Hanya membutuhkan waktu 2 jam untuk menghilangkan kejutan beban hidraulik, dan proses nitrifikasi kembali normal. Kondisi ini menyimpulkan bahwa bakteri nitrifikasi tidak hanyut dari sistem, tetapi berkompetisi dengan bakteri heterotrop dalam penggunaan oksigen.

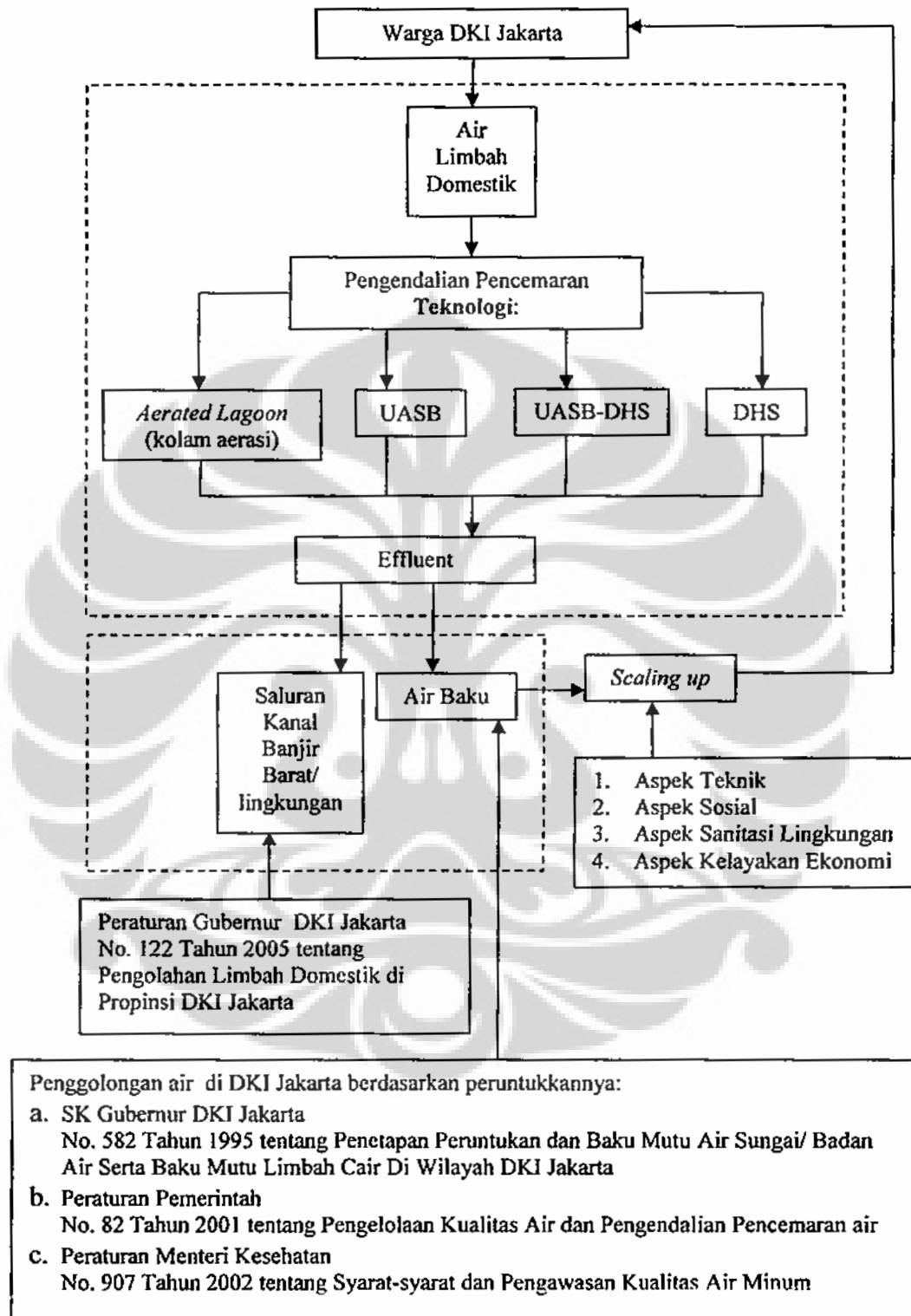
2.2 Kerangka Berpikir

Peningkatan pembangunan dan aktivitas kota Jakarta akan menambah beban lingkungan. Bertambahnya jumlah penduduk meningkatkan kebutuhan lahan, energi, sumber air bersih, dan akan memproduksi berbagai limbah padat cair dan gas. Pembangunan kawasan baru dan pemadatan bangunan di kawasan lama serta

peningkatan aktivitas perkotaan mengakibatkan peningkatan jumlah dan jenis limbah cair kota. Pengolahan limbah rumah tangga dengan cara *septic tank* dan dengan belum terbangunnya jaringan prasarana pengolahan limbah cair komunal pada bagian-bagian kota mengakibatkan akumulasi bahan pencemar yang mengakibatkan pencemaran tanah dan air tanah. Kualitas air tanah perlu dijaga agar tidak memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia, maka diperlukan pengelolaan limbah, terutama yang berasal dari manusia.

Meningkatnya jumlah penduduk akan menguras penggunaan air dan akan mencemari sumber air yang merugikan kesehatan. Di DKI Jakarta, kebanyakan limbah cair domestik tersebut mengalir menuju saluran air kemudian ke sungai dan akhirnya menuju pesisir pantai tanpa melalui proses pengolahan. Pemukiman padat penduduk dengan kesadaran lingkungan yang rendah akan memperburuk pencemaran lingkungan tersebut. Dibutuhkan pembuatan drainase yang baik dan sistem pengolahan air terpadu yang terintegrasi untuk mereduksi beban pencemaran air. Penelitian mengenai pengolahan limbah diharapkan memberi informasi tentang teknologi yang murah serta ramah lingkungan dan lebih efektif dalam mengolah air limbah domestik di DKI Jakarta.

2.3. Kerangka Konsep



Gambar 2.6. Kerangka Konsep Penelitian yang Diperluas

2.4 Hipotesis Penelitian

1. Air Waduk Setiabudi memiliki kandungan pencemar (COD, BOD, $\text{NH}_4\text{-N}$, MBAS, minyak lemak, pH, bahan organik (KMnO_4), dan suspended solid) yang lebih tinggi dari kanal banjir barat sebagai badan air penerima.
2. Kombinasi teknologi UASB dan DHS memiliki kemampuan terbaik dalam menyisihkan berbagai pencemar di Waduk Setiabudi dari pada kolam aerasi, UASB, dan sistem tunggal DHS.



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan dan Metode Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif, untuk menunjang data penelitian diperkuat dengan observasi, studi literatur. Observasi yang dilakukan secara langsung, analisa laboratorium dengan alat pH meter dan lainnya, serta studi literatur dilakukan untuk mendukung pengumpulan data. Teknik sampling yang digunakan adalah *non-probability sampling* dengan *purposive sampling*.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan dan penelitian Laboratorium dilaksanakan di Laboratorium PD. PAL Jaya, Laboratorium BPLHD DKI Jakarta dan Laboratorium Sucofindo. Waktu penelitian April 2010 (penelitian pendahuluan) hingga Juli 2010.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh air yang ada di Waduk, populasi targetnya adalah air yang masuk (*influent*) dengan kandungan air limbah domestik tertinggi. Penentuan titik sampel air influent Waduk Setiabudi dilakukan dengan penelitian pendahuluan terlebih dahulu untuk menentukan titik inlet dengan kandungan air limbah tertinggi. Air yang ke luar (*effluent*) waduk, badan penerima kanal banjir barat, *effluent* dari reaktor UASB, *effluent* sistem gabungan UASB-DHS, dan *effluent* sistem tunggal DHS juga menjadi sampel penelitian. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, dan waktu pengambilan data dengan *time series*.

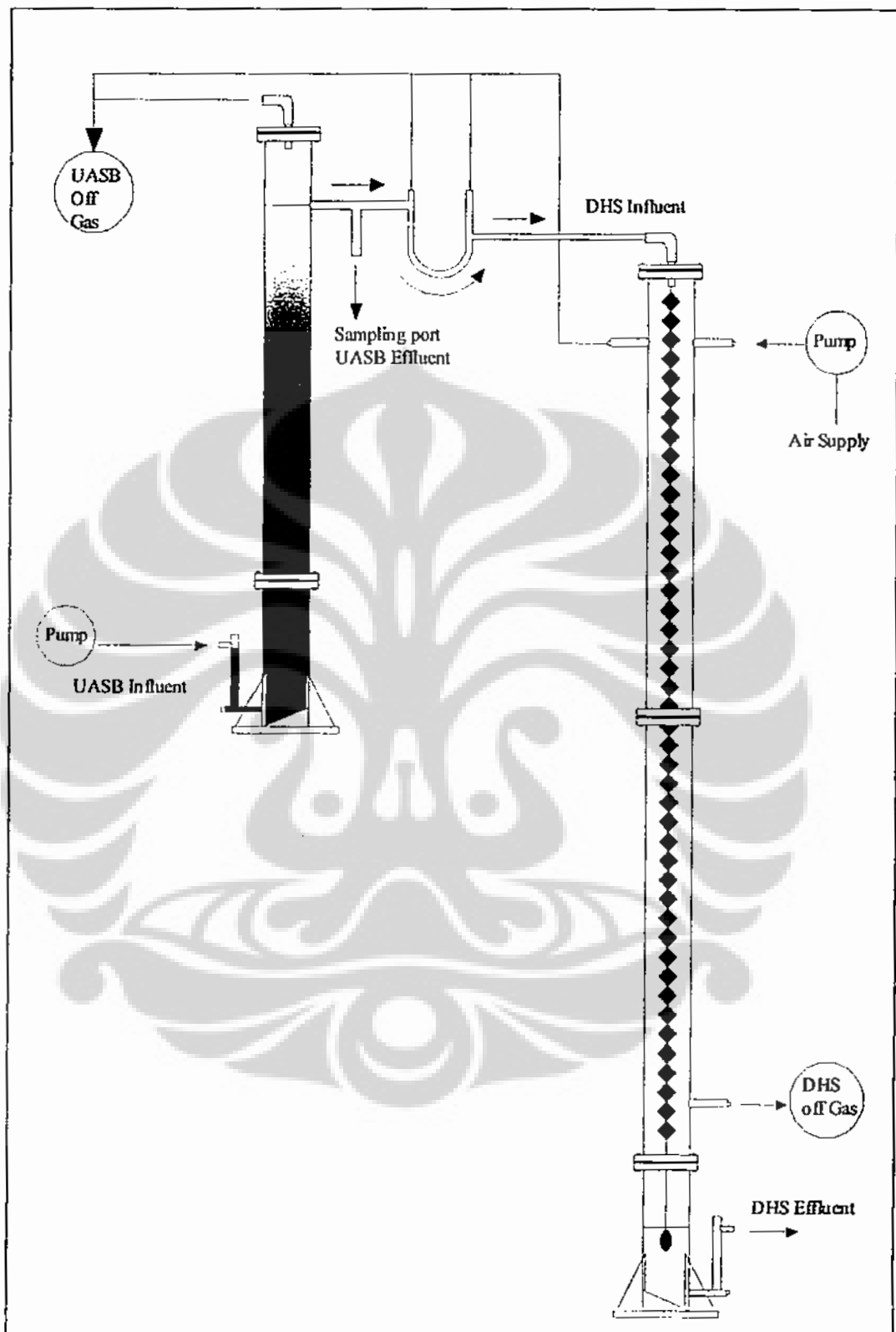
3.4 Variabel Penelitian

Tabel 3.1. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Unit	Sifat Data
1	Air Waduk Setiabudi	Air yang masuk ke Waduk Setiabudi (inlet di bagian timur serta outlet waduk)	m ³	Primer, sekunder
2	Kanal Banjir barat	Kualitas badan penerima air dari Waduk Setiabudi	m ³	Primer, Sekunder
3.	Kualitas air	Kualitas air yang diukur parameter pH, suhu, COD- <i>total</i> , COD- <i>soluble</i> , amonium nitrat, nitrogen nitrat.	-	Primer
4	Kolam Aerasi	Pengolahan limbah cair yang digunakan di Waduk Setiabudi	Reaktor	Sekunder + Primer
5	UASB	Unit reaktor skala laboratorium yang akan menyisihkan pencemar air dengan sistem anaerobik	Reaktor	Primer
6	DHS	Unit reaktor skala laboratorium yang akan menyisihkan pencemar air dengan sistem aerobik	Reaktor	Primer
7	Peraturan	Peraturan yang berlaku di DKI Jakarta mengenai limbah domestik	-	Sekunder

Rencana Percobaan Pengolahan Limbah Cair

Penelitian ini menggunakan tiga buah reaktor yaitu reaktor UASB, UASB-DHS, dan hanya DHS. Waktu retensi hidraulik (*hydraulic retention time*) total sistem gabungan UASB-DHS selama 10 jam, reaktor UASB memiliki HRT selama 8 jam dan HRT DHS selama 2 jam.



Gambar 3.1. Reaktor UASB dan DHS Sistem Gabungan

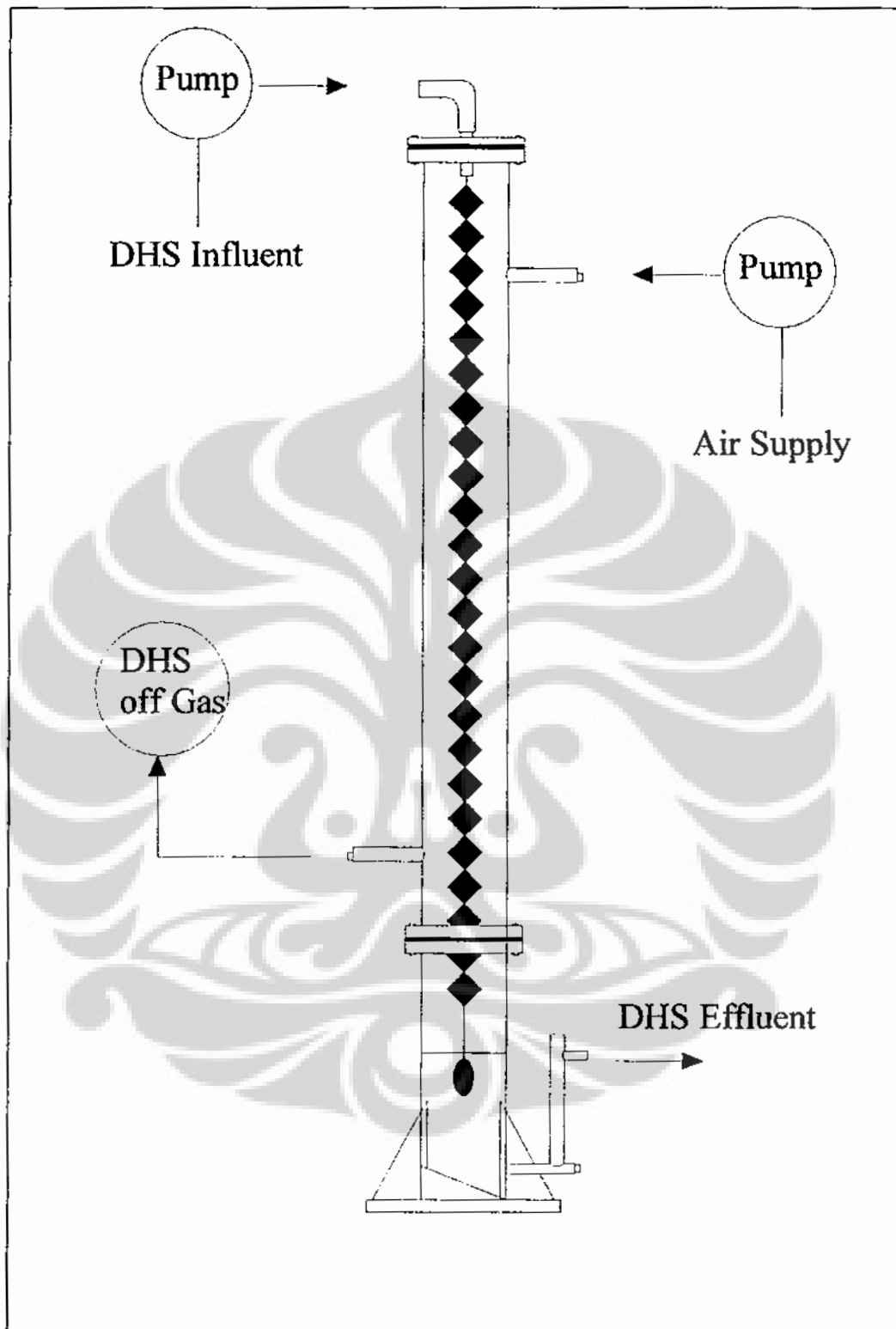
Reaktor Sistem Gabungan UASB dan DHS

Dimensi Reaktor UASB

Tabung reaktor	: <i>plexi glass</i>
Tinggi reaktor	: 1,05 m
Diameter dalam	: 7 cm
Isi (volume)	: 1,13 liter
HRT	: 8 jam

Dimensi Reaktor DHS

Tabung Reaktor	: <i>plexi glass</i>
Tinggi reaktor	: 2,1 m
Diameter dalam	: 7 cm
Isi (volume)	: 2,26 liter
Jumlah Spons	: 44 spons
Ukuran Spons	: 2 x 2 cm
Volume Spons	: 352 ml
Bahan Spons	: Poliuretan
HRT	: 2,7 jam



Gambar 3.2. Reaktor DHS Sistem Tunggal

Reaktor Sistem Tunggal DHS

Bahan Reaktor	: fiber
Tinggi reaktor	: 1,05 m
Diameter dalam	: 7 cm
Isi (volume)	: 1,13 liter
Jumlah Spons	: 24 spons
Ukuran Spons	: 2 x 2 cm
Volume Spons	: 192 ml
Bahan Spons	: Poliuretan
HRT	: 6 jam dan 10 jam

3.5. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan meliputi data primer dan sekunder

Data Primer meliputi:

1. Air *influent* Waduk Setiabudi
2. Air *effluent* Waduk Setiabudi
3. Air *effluent* Sistem pengolahan UASB
4. Air *effluent* sistem Pengolahan kombinasi UASB-DHS
5. Air *effluent* sistem Pengolahan tunggal DHS (HRT 10 jam)
6. Air *effluent* sistem pengolahan tunggal DHS (HRT 6 jam)

Data Sekunder meliputi:

1. Demografi Kecamatan Tebet dan Setiabudi
2. Data Pelanggan PD. PAL Jaya
3. Keuangan PD. Pal Jaya
4. Air kanal banjir barat
5. Air sumur di Kecamatan Tebet dan Setiabudi
6. Jarak antara sumur dengan kloset di DKI Jakarta
7. Data kesehatan di Kecamatan Tebet dan Setiabudi

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan penelitian di Laboratorium. Data pencemar COD-*total*, COD-*soluble*, NH₄-N, pH, suhu, NO₃-NO₂ diuji di Laboratorium PD. PAL Jaya. Data fecal coliform diuji Di Laboratorium Sucofindo. Selain itu air limbah dan air olahan diuji di Laboratorium BPLHD DKI Jakarta. Teknik pengumpulan data sekunder berasal laporan tahunan PD. PAL Jaya, laporan BPLHD DKI Jakarta, selain itu berasal studi pustaka dan hasil penelitian terdahulu yang masih relevan dan valid untuk keperluan penelitian.

3.7. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran parameter air disajikan dalam bentuk tabel, kinerja UASB, UASB-DHS, dan DHS dianalisa secara deskriptif. Hubungan antara beberapa parameter air sebelum dan setelah melalui teknologi kolam aerasi, UASB, UASB-DHS, DHS dan diuji secara statistik menggunakan piranti lunak statistik. Hasil analitis penelitian ini akan dibandingkan dengan kualitas baku mutu air limbah yang berlaku di Jakarta Peraturan Gubernur DKI Jakarta. No. 122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Limbah Domestik di Propinsi DKI Jakarta, kualitas air PP No. 82 Tahun 2001 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air, SK Gubernur DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Peraturan Menteri Kesehatan No. 907 Tahun 2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Tabel 3.2. Metode Pengumpulan dan Analisa Data

No	Tujuan	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisa Data
1	Menganalisa kualitas air Waduk Setiabudi dan aliran Kanal banjir barat sebagai badan air penerima air Waduk Setiabudi.	Eksperimen	Statistika deskriptis (tabel)
2	Menganalisa efektivitas kinerja UASB dan DHS dalam menyisihkan pencemar air di Waduk Setiabudi.	Eksperimen	Statistika deskriptis (tabel), Uji t, studi literatur
3	Membandingkan parameter air <i>effluent</i> dari unit pengolahan limbah UASB dan DHS dengan parameter kriteria air bersih SK Gubernur DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005, PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air dan Permenkes No. 907 Tahun 2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.	Eksperimen	Statistika deskriptis (tabel), studi literatur, Komparasi
4	Menganalisis aspek teknologi, ekonomi, sosial dan sanitasi lingkungan dari teknologi yang diusulkan.	Dokumentasi	Studi literatur

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

4.1.1. Kondisi Geografis dan Demografi

Wilayah Kotamadya Jakarta Selatan terletak antara: 6°15'40,8" Lintang Selatan dan 106°45'0,0" Bujur Timur. Lokasi ini termasuk dataran rendah sekitar 5-7 di atas permukaan laut, dengan tingkat kemiringan 0,25%. Bagian selatan dari kanal banjir barat merupakan daerah yang berbukit jika dibandingkan dengan wilayah bagian utara. Luas wilayahnya 145,73 km² atau 22,36% dari luas Propinsi DKI Jakarta dan terdiri dari 10 kecamatan, 65 kelurahan, 576 RW, dan 6.025 RT.

Batas wilayah Jakarta Selatan, sebelah utara berbatasan dengan Jakarta Pusat dan Jakarta Barat, sebelah timur berbatasan dengan Jakarta Timur dipisahkan Sungai Ciliwung. Bagian selatan berbatasan dengan Kota Depok dan Tangerang, serta sebelah barat berbatasan dengan Kota Tangerang dan Kabupaten Tangerang.

4.1.2. Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta (PD. PAL Jaya)

Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta (PD. PAL Jaya) dibentuk karena pentingnya pengelolaan air limbah untuk mengatasi pencemaran lingkungan di DKI Jakarta sebagai Ibukota Negara Republik Indonesia. Panitia persiapan penyusunan Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah dibentuk tahun 1972 disponsori oleh UNDP dan WHO. Studi rencana Induk Sistem Penyaluran Air Limbah dan Sanitasi disusun dan dibuat oleh Konsultan Nihon Suido tahun 1977, yang dilanjutkan dengan penyusunan detail desain *pilot project* (Kecamatan Setiabudi-Tebet) tahun 1982. Pembangunan IPAL di Waduk Setiabudi berikut jaringan perpipaan air limbah yang dilaksanakan Jakarta *Sewerage & Sanitation Project* (JSSP) dalam tiga tahap JSSP I (1982-1987), JSSP II (1988-1990), JSSP Extension (1991-1996) yang didanai dari *loan* IBRD.

Melalui Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 510/KPTS/1987 tentang Pembentukan Badan Pengelola Air Limbah DKI Jakarta dibentuklah Badan Pengelola Air Limbah (BPAL). BPAL bersifat sementara untuk mengelola sarana yang sudah dibangun sebelum dibentuk organisasi yang permanen. Akhirnya didirikan Persahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta (PD. PAL Jaya) tahun 1991, dengan wilayah terpasang Kecamatan Tebet dan Setiabudi, sesuai dengan Perda No. 10 Tahun 1991 tentang PD. PAL Jaya. Semenjak tahun 1997, wilayah kerja PD. PAL Jaya diperluas menjadi seluruh wilayah Propinsi DKI Jakarta dengan sistem pelayanan perpipaan terpusat (*off site*) dan setempat (*on site*).

4.1.3. Daerah Pelayanan

Daerah pelayanan PD PAL Jaya meliputi 65 kelurahan di 2 (dua) kecamatan, yaitu Kecamatan Tebet dan Kecamatan Setiabudi, Jakarta Selatan Propinsi DKI Jakarta. Kecamatan Tebet memiliki 10 kelurahan dengan luas 903,51 km² dan Kecamatan Setiabudi 8 kelurahan dengan luas 884,85 km². Kecamatan Tebet memiliki kepadatan tertinggi 273 orang/km² di Walikota Jakarta Selatan, dan Kecamatan Setiabudi memiliki kepadatan 144,79 orang/km² (Tabel 4.1.).

Tabel 4.1. Luas, Kelurahan dan Kecamatan di Jakarta Selatan

No	Kecamatan	Kelurahan	Luas (km ²)	Jumlah Penduduk (Orang)	Kepadatan (orang/km ²)
1	Jagakarsa	6	2.486,73	253.526	101
2	Pasar Minggu	7	2.169,39	295.863	136
3	Cilandak	5	1.816,33	195.820	101
4	Pesanggrahan	5	1.275,58	222.733	174
5	Kebayoran Baru	10	1.671,89	310.102	184
6	Kebayoran Lama	6	1.292,57	164.258	127
7	Mampang Prapatan	5	773,09	159.933	206
8	Pancoran	6	852,79	164.410	192
9	T e b e t	10	903,51	247.003	273
10	Setiabudi	8	884,85	128.125	144
JUMLAH		65	14.126,73	2.141.773	151

Sumber: Susenas 2008 dan Statistik Wilayah Provinsi DKI Jakarta dalam BPLHD 2008

Tabel 4.2. Pelanggan PD. PAL Jaya

No	Kategori	Jumlah Pelanggan	Luas Lantai (m ²)
I	Rumah Tangga		
	- Tipe A	858	90.598
	- Tipe B	196	23.751
	- Tipe C	20	2.733
	- Tipe D	23	7.293
	Sub Jumlah I	1.097 (84,12%)	124.375 (3,03%)
II	Non Rumah Tangga/ Gedung Tinggi		
	Kantor bangunan s.d Lantai 3	4	22.878
	Restoran Kecil/ rumah makan	2	264
	Losmen	1	768
	Niaga kecil lainnya	3	18.790
	Kantor Bangunan Tinggi I	61	982.656
	Kantor Bangunan Tinggi II	40	1.317.908
	Hotel Bintang I, II, III	1	1.590
	Apartemen	23	1.036.637
	Hotel Bintang IV	26	46.901
	Rumah sakit swasta	4	29.336
	Hotel Bintang V	9	314.247
	Tempat Ibadah	5	2.273
	Sekolah	7	47.909
	Puskesmas	1	1.512
	Instansi Pemerintah	12	114.247
	Lain-lain lembaga	7	62.654
	Sekolah termasuk asrama	1	1.246
	Industri kecil	1	400
	Sub Jumlah II	207 (15,87%)	3.982.214 (96,97%)
	Jumlah I + II	1.304	4.106.589

Sumber: Rekapitulasi Pencetakan Rekening PD PAL Jaya, Juli 2008

Selaku pengolah air limbah domestik, PD. PAL Jaya (Tabel 4.2.) membagi pelanggannya menjadi 2 kategori, yaitu pelanggan rumah tangga dan pelanggan non rumah tangga termasuk gedung-gedung tinggi. Pelanggan rumah tangga dibagi tipe A (penggunaan listrik 450 W), B (penggunaan listrik 900 W), C Penggunaan listrik (1300 W), dan D Penggunaan listrik lebih dari 2200 W). Jumlah pelanggan tipe A sebanyak 858 orang (dikenakan tarif sebesar Rp. 90,00/m²/bulan), tipe B sebanyak 196 orang (Rp 113,00/m²/bulan), Tipe C sebanyak 20 orang (Rp. 135,00/m²/bulan), dan Tipe D sebanyak 23 orang pelanggan (Rp. 158,00/m²/bulan). Jumlah pelanggan rumah tangga (1.097) dan non-rumah tangga (207) totalnya sebesar 1.304 rumah tangga, dan luas bangunan

total 4.106.589 m². Pelanggan rumah tangga lebih banyak (84,12%) dibandingkan non-rumah tangga (15,87%), tetapi luas bangunan non-rumah tangga lebih besar (96,94%) dibandingkan rumah tangga (3,03%).

4.2. Limitasi Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan di antaranya:

1. Penentuan kinerja kolam aerasi mendapat gangguan dari sistem drainase kota dan air hujan yang akan mengencerkan berbagai pencemar dalam Waduk Setiabudi.
2. Sampel air limbah domestik Waduk Setiabudi disaring terlebih dahulu untuk mengurangi pencemar bahan organik yang terlalu besar sebelum digunakan atau ditentukan kandungan pencemarnya. Penyaringan ini mengakibatkan pengurangan bahan organik sebenarnya yang dapat diukur. Penyaringan dilakukan untuk mempermudah dan mempercepat digesti bahan organik oleh bakteri anaerobik (Gerardi, 2003).
3. Penelitian ini menggunakan Reaktor UASB yang digunakan tidak memiliki saluran pemisah antara gas-padatan dan cairan, sehingga granul dan zat organik yang mengapung mempengaruhi kualitas *water effluent*.
4. Penentuan kandungan gas metana dengan *Gas Chromatigraphy* (GC) terlalu lama semenjak sampling (sebulan setelah sampling) dan dilakukan di Laboratorium *Departement of Environment System Engineering* Hiroshima University, Japan. Pengukuran yang terlalu lama dikhawatirkan mengurangi kandungan gas metan dalam tabung sampel.

4.3. Kualitas Air Waduk Setiabudi dan Kanal Banjir Barat

4.3.1. Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Sebelum melakukan penelitian menggunakan unit reaktor pengolahan air UASB dan DHS, dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan titik *influent* dari pengolahan air limbah Waduk Setiabudi (Tabel 4.3.). Parameter *influent* waduk tersebut menjadi dasar pembuatan *artificial sewage* (limbah cair buatan) sebagai pembanding kinerja reaktor dengan menggunakan air limbah sebenarnya. Parameter pH, COD-*total*, COD-*soluble*, NH₄-N (Nitrogen-Amonium) diukur dan

menjadi dasar penentuan titik *influent* di pengolahan air limbah Waduk Setiabudi, dan berdasarkan uji laboratorium. Berdasarkan penelitian pendahuluan, diperoleh Sewerage D yang terdapat di Waduk Setiabudi bagian timur memiliki kandungan COD-*soluble* (61 mg/l), COD-*total* (255 mg/l) dan Amonium nitrogen (NH₄-N) (20,1 mg/l) tertinggi dan kemudian ditetapkan sebagai titik *influent* unit pengolahan limbah reaktor UASB, UASB-DHS, dan DHS dalam skala laboratorium dan dasar pembuatan *artificial sewage*. Menurut Mara, (2003) kekuatan air limbah lemah karena berada pada kisaran kandungan COD < 400 mg/l.

Tabel 4.3. Penentuan Titik Pengambilan Sampel¹

Titik <i>Influent</i>	pH	COD- <i>total</i> (mg/l)	COD- <i>soluble</i> (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)
Sewerage D (Waduk Timur)	7,2	255	61	20,1
Kali Krukut (Waduk Timur)	7,6	111	54	13,7
Waduk Barat	7,5	139,5	32,5	6,6
<i>Effluent</i> (Waduk Timur)	7,2	358	30	3,9

¹Diuji di Laboratorium Dept. of Environment System Engineering Hiroshima University, Japan.

Titik *effluent* waduk merupakan titik pengambilan sampel yang berada dekat dengan pintu air ke luar waduk. Kandungan *effluent* waduk timur masih mengandung COD yang tinggi, kondisi ini menunjukkan rendahnya efektivitas kemampuan dari pengolahan air limbah dengan teknik kolam aerasi. Effluent Waduk Timur menunjukkan kandungan COD-*total* (358 mg/l) yang masih tinggi, karena banyaknya bahan organik yang belum sempurna terurai.

Setelah menentukan besaran kandungan pencemar dari titik *influent*, maka selanjutnya membuat *artificial sewage* yang setara dengan titik *influent* dan diuji pada reaktor UASB dan DHS. Penggunaan air limbah buatan (*artificial sewage*) untuk mengetahui kinerja reaktor selama 14 hari dan membandingkannya dengan air limbah sebenarnya yang berasal dari Waduk Setiabudi. *Artificial sewage* menggunakan sumber karbon organik, nitrogen, *nutrient elements*, *trace elements* sintesis.

Pengambilan sampel dari reaktor dilakukan setiap hari pH, HRT, suhu dipertahankan agar tetap sama. Kondisi suhu, pH dan *hydraulic retention time* (HRT) reaktor dijaga agar berada pada kisaran yang telah ditetapkan. Suhu dijaga agar sesuai dengan temperatur di daerah tropis yaitu (27-30°C). Suhu *influent* UASB (27°C) mengalami perubahan setelah melewati sistem UASB menjadi lebih dingin (25°C), sedangkan setelah melalui sistem DHS mengalami kenaikan suhu (25,15°C) dan (27,98°C) pada sistem tunggal DHS.

Tabel 4.4. Penelitian Pendahuluan Teknologi UASB, UASB-DHS, dan DHS

PARAMETER	Inf.	UASB		DHS		Sistem Kombinasi UASB-DHS		Sistem Tunggal DHS	
		eff	% rem	eff	% rem	eff	% rem	eff	% rem
Suhu (°C)	27	25	-	25,15	-	25,15	-	27,98	-
pH	7,25	7,2	-	6,9	-	6,9	-	7,8	-
HRT (jam)	-	8,5	-	2,6	-	2,6	-	10	-
COD-total (mg/l)	162,58	116,2	28,29	13,89	88,05	13,89	92,3	18,76	88,46
COD-soluble (mg/l)	143,76	76,12	47,05	14,50	80,9	14,50	89,9	7,41	94,8
NH ₄ -N (mg/l)	18,85	29,45	56,2*	4,07	78,4	4,07	78,4	0	100
NO ₃ -NO ₂ (mg/l)	0,18	0,08	55,55	8,62	10675	8,62	4688*	3,8	2011*
Gas Metana (mmol CH ₄ /l gas)	-	11,61	-	-	-	-	-	-	-
% Gas Metana	-	28,8	-	-	-	-	-	-	-
OLR									
COD-total (kg/m ³ /hari)		0,470		1,148		-		0,391	
COD-soluble (kg/m ³ /hari)		0,415		0,76		-		0,340	
NH ₄ -N (kg/m ³ /hari)		0,054		0,29		-		0,0004	
NO ₃ -NO ₂ (kg/m ³ /hari)		0,0005		0,0008		-		0,0004	

*terjadi penambahan

Waktu retensi sistem kombinasi UASB-DHS dijaga pada kisaran 8,5 jam (UASB) dan 2,6 jam (DHS), menurut Harada (2004) sistem UASB efektif pada kisaran HRT 7,2 – 12 jam. Diharapkan dekomposisi bahan organik melalui tahapan hidrolisis, fermentasi, dan metanogenesis yang dilakukan oleh mikroorganisme mendapatkan waktu yang cukup untuk mampu memproduksi gas metana. Sistem tunggal sistem DHS dijaga pada kisaran 10 jam untuk mengetahui apakah kinerjanya sebanding dengan sistem gabungan UASB-DHS. Konsentrasi COD

yang tergolong rendah ($< 400 \text{ mg/l}$) memungkinkan sistem tunggal DHS mampu menyisihkan pencemar di Waduk Setiabudi.

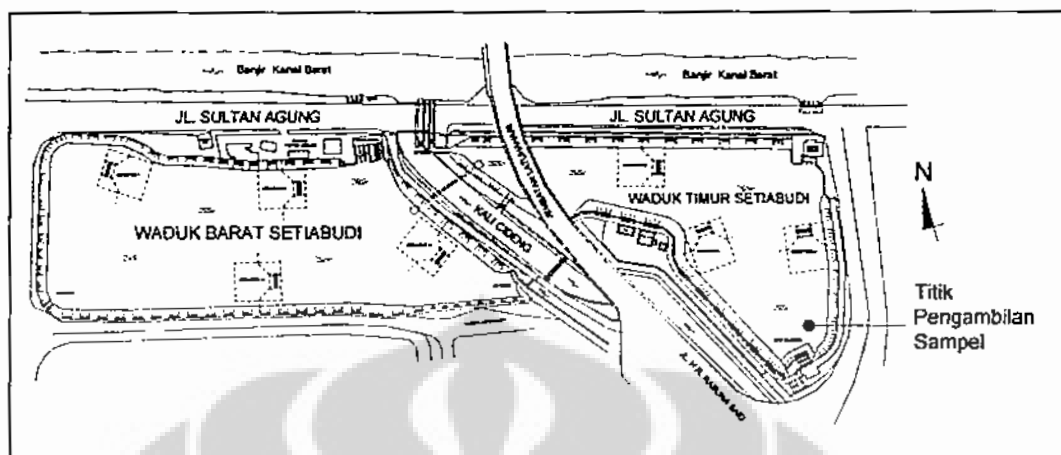
Setelah melalui sistem kombinasi UASB-DHS, kandungan COD-*total*, COD-*soluble* dan kandungan $\text{NH}_4\text{-N}$ dari *artificial sewage* berkurang dengan signifikan (Tabel 4.4.). Besarnya penyisihan sistem kombinasi UASB-DHS, COD-*total* (91,45%), COD-*soluble* (89,91%), dan $\text{NH}_4\text{-N}$ (76%), sedangkan Nitrat-Nitrit ($\text{NO}_3\text{-NO}_2$) bertambah hingga 4688%, sedangkan sistem tunggal DHS mampu menyisihkan kandungan COD-*total* hingga 97,10%, COD-*soluble* 97,79%, amonium (100%). Besarnya kandungan $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ dalam *effluent* UASB-DHS menunjukkan terjadinya nitrifikasi yang berasal dari senyawa amonium dan amoniak.

Pembentukan gas metana hanya terjadi dalam reaktor UASB sebesar 11.61 mmol CH_4/l gas dan tidak ditemukan dalam sistem DHS sebagai *post treatment* (perlakuan lanjutan). Persentase kandungan gas metana (28,8%) tergolong rendah, karena agar dapat menjadi bahan bakar yang baik diperlukan kandungan gas metana lebih dari 50% (Digdoyo, 1998).

Organic loading rate (OLR) COD-*total* DHS dengan HRT 2,6 jam merupakan yang tertinggi (1,148 $\text{kg/m}^3/\text{hari}$), sedangkan yang terendah $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ (0,0008 $\text{kg/m}^3/\text{hari}$). Tingginya OLR menunjukkan besarnya konsentrasi limbah setiap kubik air setiap harinya, artinya beban limbah $\text{kg COD-total/m}^3/\text{hari}$ semakin besar dan semakin berat dari sistem pengelolaan pencemar tersebut.

Pengolahan dengan sistem DHS, penelitian pendahuluan menunjukkan efektivitas penyisihan *soluble* (94,8%) tertinggi pada sistem DHS dengan HRT 10 jam, dan amonium dapat dihilangkan secara sempurna oleh sistem DHS (100%). Kandungan $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ mengalami kenaikan yang signifikan pada sistem DHS mirip dengan sistem gabungan UASB-DHS, yang meningkat karena nitrifikasi amonium.

4.3.2. Kualitas Air Waduk Setiabudi



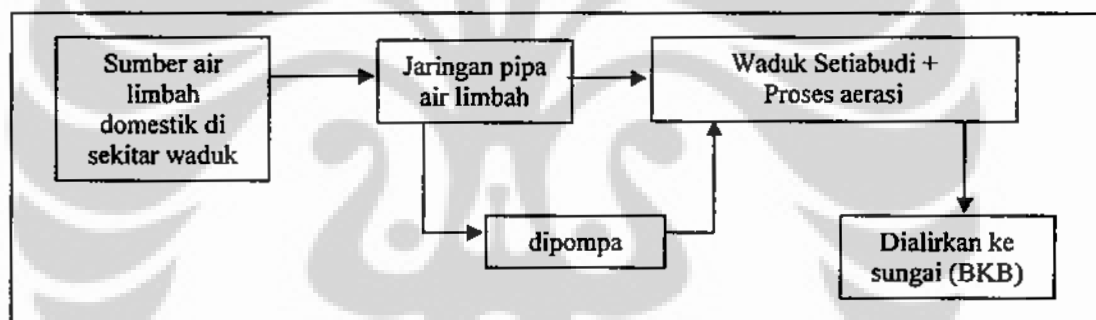
Gambar 4.1. Denah Waduk Setiabudi (tanpa skala) digambar Oleh Endriyanto PD. PAL Jaya

Waduk Setiabudi berlokasi di Jl. Sultan Agung Setiabudi Jakarta Selatan (Gambar 4.1.), memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dibawah otorita PD. PAL Jaya untuk melayani pengolahan air limbah domestik. Waduk Setiabudi terdiri dari dua bagian, yaitu Waduk Setiabudi Barat dan Waduk Setiabudi Timur, dan dibatasi Kali Cideng yang melintasi keduanya. Total luas permukaan eksisting Waduk Setiabudi sebesar 43.500 m^2 , dengan perincian luas Waduk Setiabudi Timur (17.400 m^2) dan Waduk Setiabudi Barat (26.100 m^2). Kapasitas total IPAL Waduk Setiabudi Timur dan Barat sebesar 84.200 m^3 dan masih mampu menampung air limbah domestik dari pengguna jasa di wilayah pelayanan, kondisi IPAL Waduk Setiabudi (Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Kondisi IPAL Waduk Setiabudi (PD. PAL Jaya 2006)

No	Uraian	Waduk Timur	Waduk Barat
1	Luas Permukaan	1,74 ha	2,61 ha
2	Kapasitas	33.300 m^3	50.900 m^3
3	Jumlah Aerator	3 unit	4 unit
4	Inlet Pipa Air Limbah	2 buah	4 buah
5	Inlet Drainase	2 buah	2 buah
6	Saringan Mekanik	2 buah	-
7	Lama pengoperasian Aerator	6-8 jam/hari	6-8 jam/hari

Teknologi pengolahan air limbah yang dipergunakan IPAL Waduk Setiabudi adalah kolam aerasi dengan kapasitas desain 450 liter/detik dan menggunakan media tersuspensi sebagai proses pengolahannya. Saringan batang mekanis (*Mechanical Bar Screen*), aerator dan pompa banjir menjadi peralatan pendukung instalasi pengolahan air limbah. Pengolahan limbah kolam aerasi Waduk Setiabudi menggunakan media tersuspensi sebagai bagian dari prosesnya. Air yang berasal dari rumah tangga dan bangunan komersil lainnya seperti hotel, perkantoran dialirkan jaringan pipa air limbah menuju Waduk Setiabudi untuk diolah dengan kolam aerasi (Gambar 4.2.). Setelah diaerasi, air dialirkan kembali ke kanal banjir barat melalui pemompaan. Kolam aerasi merupakan proses pengolahan sederhana, akan tetapi sistem ini tidak sesuai untuk menangani air buangan dalam kapasitas besar karena akan membutuhkan lahan yang besar pula.



Gambar 4.2. Bagan Alir Pengolahan Limbah di IPAL Waduk Setiabudi

Limbah domestik di Waduk Setiabudi (Tabel 4.6.) mengalami penambahan berbagai material, berisi kotoran dari tubuh manusia (feses dan urin) bersama air toilet, dan *sullage* air buangan personal seperti penyediaan makanan, cuci, dapur dan lainnya (Mara, 2003). Air limbah domestik yang berasal dari pemukiman Tebet dan Setiabudi, disalurkan melalui pipa jaringan menuju Waduk Setiabudi. Air limbah diolah dengan kolam aerasi kemudian dialirkan ke kanal banjir barat. Kualitas air limbah akan bergantung dari jumlah pencemar yang masuk ke dalam badan air penerima, dan Pemerintah DKI Jakarta telah menetapkan baku mutu air limbah lewat Peraturan Gubernur No. 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik Di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

Tabel 4.6. Kualitas Air Limbah Waduk Setiabudi Timur

No	Parameter	Waduk ¹		Kanal banjir barat	Baku Mutu Komunal ²
		<i>Influent</i>	<i>Effluent</i>		
1	pH	7,60	7,61	7,06	6 – 9
2	Zat Padat Tersuspensi (mg/l)	61,09	33,11	134,63	50
3	BOD (20°C, 5 hari) (mg/l)	75,63	25,66	33,06	50
4	COD (dicromat) (mg/l)	112,48	69,08	45,17	80
5	Zat Organik (KMnO ₄) (mg/l)	79,13	72,05	25,37	85
6	Ammonia (mg/l)	2,93	1,62	3,61	10
7	Senyawa Aktif Biru Metilen (MBAS) (mg/l)	1,02	0,46	0,14	2
8	Minyak dan Lemak (mg/l)	0,26	0,18	0,21	10

¹Data diolah dari Waduk Setiabudi Timur (Laporan Triwulan PD PAL Jaya Tahun 2010)

²Baku Mutu Limbah Cair Domestik Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

pH

Kualitas pH air Waduk Setiabudi baik *influent* (7,60), *effluent* (7,61) serta kanal banjir barat (7,06) tidak melebihi baku mutu (6 - 9) dan mendekati netral (pH 7). Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air, kadar yang baik ketika masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah yang netral akan memudahkan proses biologis, sehingga membantu proses penjernihannya. Biota akuatik, sebagian besarnya sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pada kisaran pH 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, seperti nitrifikasi akan berakhir pada pH rendah. Toksisitas logam menunjukkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem, 1994 dalam Effendi, 2009).

pH akan mempengaruhi toksisitas senyawa kimia, seperti amonium yang dapat terionasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium tidak bersifat toksik, namun pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang tak terionasi dan bersifat toksik. Amonia tak terionasi lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan amonium (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2009).

Zat Padat Tersuspensi

Zat padat tersuspensi adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu (103°C-105°C). Zat padat tersuspensi berisi bahan-bahan tersuspensi dengan (diameter > 1 µm), yang tertahan saringan *millipore* (diameter 0,45 µm). Kandungan zat padat tersuspensi (61,09 mg/l) air *influent* Waduk Setiabudi dan kanal banjir barat (134,63 mg/l) telah melebihi baku mutu baku mutu (50 mg/l), sedangkan *effluent* Waduk Setiabudi di bawah baku mutu (33,11 mg/l). Tingginya zat padat tersuspensi menunjukkan tingginya kandungan lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, terutama yang disebabkan kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa air. Waduk Setiabudi yang berfungsi ganda sebagai saluran drainase dan pengolahan limbah cair mendapat banyak zat padat tersuspensi dari perairan sekitarnya.

Walaupun tidak bersifat toksik tingginya tingkat zat padat tersuspensi ini akan berpengaruh pada tingkat kekeruhan yang pada akhirnya akan mengurangi besarnya radiasi matahari sampai ke dasar. Semakin tinggi tingkat kekeruhan akan mengurangi tingkat kecerahan dan membatasi tingkat penyinaran atau radiasi matahari.

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Tingginya kandungan bahan organik dapat dilihat dari kandungan BOD₅ (75,63 mg/l) air *influent* Waduk Setiabudi telah melebihi baku mutu (50 mg/l), namun setelah diolah, *effluent*-nya berkurang (25,66 mg/l). Kanal banjir barat sebagai badan penerima air memiliki kandungan (33,06 mg/l) berada di bawah baku mutu (50 mg/l), namun masih berada di atas air *effluent* Waduk Setiabudi.

Besarnya BOD menunjukkan banyaknya oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi 5 hari tanpa cahaya pada suhu 20°C (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2009:121). BOD menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Semakin tinggi konsentrasi bahan organik, maka semakin kuat air limbah tersebut, dan kekuatan air limbah sering dinilai oleh BOD₅ atau COD.

Kekuatan air limbah dari komunitas diatur melalui kualitas mutu air dan didasari besar konsumsinya. Penggunaan air di Amerika Serikat yang tinggi (350-400 liter/orang/hari) air limbahnya rendah ketika BOD₅ (300-700 mg/l), dan di negara berkembang disebut kuat dengan BOD₅ (300-700 mg/l) dan konsumsi air 40-100 liter/orang/hari (Mara, 2003).

COD (Chemical Oxygen Demand)

Kandungan COD *influent* Waduk Setiabudi (112,48 mg/l) berada di atas baku mutu air limbah, sedangkan *effluentnya* (69,08 mg/l), kanal banjir barat (45,17 mg/l) berada di bawah baku mutu (80 mg/l). Kandungan COD kanal banjir barat berada di bawah kandungan COD Waduk Setiabudi, artinya waduk lebih tercemar COD dari pada kanal banjir barat. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non-biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O. Oksigen yang dikonsumsi akan setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi sampel (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2009:126).

Perairan yang mengandung bahan organik resisten terhadap degradasi biologis biasanya mengandung polisakarida, selulosa, tanin, fenol, benzena, lignin lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan BOD (Effendi, 2009:126). Kemampuan kalium bikromat sebagai oksidator kuat, mampu mengoksidasi hampir semua bahan organik menjadi karbondioksida dan air dalam suasana asam mencapai 95-90% bahan organik.

Bahan Organik

Kandungan *influent* bahan organik Waduk Setiabudi (79,13 mg/l) dan *effluentnya* (72,05 mg/l) keduanya belum melewati baku mutu (85 mg/l). Sedangkan kandungan bahan organik kanal banjir barat (25,37 mg/l) masih dibawah baku mutu serta lebih rendah dari *effluent* waduk. Air waduk Setiabudi lebih tercemar oleh bahan organik dibandingkan dengan air kanal banjir barat.

Bahan organik dalam air berhubungan erat dengan perubahan sifat fisik air tersebut, seperti bau, rasa, dan kekeruhan yang tidak diinginkan. Sumber utama bahan organik adalah dari kegiatan rumah tangga, proses industri, peternakan, pertanian dan pertambangan. Zat organik ditentukan berdasarkan angka permanganatnya, walaupun demikian tidak semua zat organik teroksidasi oleh KMnO_4 , tetapi cara ini sangat praktis dan cepat.

Amonia

Kandungan Amonia pada *influent* waduk (2,93 mg/l), *effluent* (1,62 mg/l) dan kanal banjir barat (3,61 mg/l), semuanya berada di bawah baku mutu (10 mg/l) Pergub 122 Tahun 2005. Kandungan amonia dari air waduk lebih rendah dibandingkan dengan kandungan amonia dari kanal banjir barat. Air kanal banjir barat lebih tercemar amonia dibandingkan dengan air yang berasal dari Waduk Setiabudi.

Amonia di perairan berasal dari nitrogen organik (protein, dan urea) dan nitrogen anorganik (yang berasal dari tanah dan air), serta yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+), dan hubungan NH_3 dan NH_4^+ dipengaruhi oleh pH.

Amonia (NH_3) yang tidak terionasi (*unionized*) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitasnya meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Avertebrata air lebih toleran terhadap tosisitas amonia daripada ikan. Ikan tidak dapat bertoleransi terhadap aonia bebas yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah.

MBAS (*Methilene Blue Active Substances*)

Kandungan MBAS *influent* (1,02 mg/l), *effluent* waduk (0,46 mg/l) dan aliran kanal banjir barat (0,14 mg/l) telah berada di bawah baku mutu (2 mg/l). Kandungan MBAS *effluent* waduk lebih tercemar (0,46 mg/l) jika dibandingkan dengan air yang berasal dari kanal banjir barat (0,14 mg/l).

Surfaktan (*surface active agents*) atau *wetting agents* merupakan bahan organik yang berperan sebagai bahan aktif pada detergen, sabun, dan *shampoo*. Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga memungkinkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci akan terlepas dan mengapung atau terlarut dalam air. Komposisi surfaktan dalam detergen berkisar antara 10-30%, disamping polifosfat dan pemutih. Kadar surfaktan 1 mg/l dapat mengakibatkan terbentuknya busa diperairan. Meskipun tidak bersifat toksik, keberadaan surfaktan dapat menimbulkan rasa pada air dan dapat menurunkan absorpsi oksigen di perairan.

Haslam, 1995 dalam Effendi, (2009:218) mengemukakan bahwa kadar surfaktan kationik 0,1 – 10 mg/l dan surfaktan non-ionik dapat menghambat pertumbuhan algae. Selain itu surfaktan dapat mengganggu transfer gas dan surfaktan bereaksi dengan sel dan membran sel sehingga menghambat pertumbuhan sel. Permasalahan yang ditimbulkan detergen tidak hanya menyangkut surfaktan, tetapi juga banyaknya polifosfat yang diperkirakan berkontribusi 50% dari seluruh fosfat di perairan.

Minyak dan Lemak

Kandungan minyak dan lemak di Waduk Setiabudi, baik inlet (0,26 mg/l) outlet (0,18 mg/l) serta kanal banjir barat (0,21 mg/l) masih berada di bawah baku mutu (10 mg/l). Kandungan minyak dan lemak air kanal banjir barat lebih tercemar (0,21 mg/l) dari pada air yang berasal dari waduk (0,18 mg/l). Lemak merupakan bahan organik yang dapat diekstraksi dari larutan atau suspensi dengan pelarut heksana atau trikoloro trifloroetan (freon). Lemak terdiri dari hidrokarbon, ester, oli, *waxes*, dan asam lemak berukuran besar. Lemak yang berasal dari air limbah industri biasanya berupa ester. Minyak merupakan hidrokarbon dengan berat molekul kecil hingga besar, bahan bakar, minyak pelumas, dan gliserida yang berasal dari hewan dan tumbuhan.

4.3.3. Kualitas Air Kanal Banjir Barat

Tabel 4.7. Air Sungai Aliran Kanal Banjir Barat

NO	PARAMETER	Kandungan (mg/l)	Baku Mutu	Keterangan
I	Sifat Fisika			
	Daya hantar listrik μ mhos/cm	254,67	1.000	Gol D Keppub No. 582 Th 1995
	Zat padat terlarut (TDS)	134,63	500	Gol B Keppub No. 582 Th 1995
	Zat padat tersuspensi (TSS)	138,83	50	Pergub No. 122 Tahun 2005
	Kekeruhan	111,17	100	Gol D Keppub No. 582 Th 1995
	Suhu	28,07	± 3	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
II	Kimiawi			
	Merkuri	*	0,001	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Ammonia (NH ₃)	2,61	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
	Organik (KMnO ₄)	25,37	85	Pergub No. 122 Tahun 2005
	Besi (Fe)	0,69	-	Kelas 3 PP No. 82 Tahun 2001
	Fluorida (F)	0,36	0,5	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Kadmium (Cd)	*	0,01	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Chlorida (Cl)	36,13	-	Kelas 3 PP No. 82 Tahun 2001
	Chromium (total)	*	0,05	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Mangan (Mn)	0,14	1	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Nitrat (NO ₃)	0,44	10	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Nitrit (NO ₂)	0,05	0,06	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Nikel (Ni)	*		Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Oksigen Terlarut	0,44	0	Kelas 4 PP No. 82 Tahun 2001
	Phosphat (PO ₄)	0,59	1	Kelas 3 PP No. 82 Tahun 2001
	pH	7,07	6-9	Pergub No. 122 Tahun 2005
	Fenol	0,01	1	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Seng (Zn)	0,01	0,05	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Sulfat (SO ₄)	22,22	400	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Sulfida (H ₂ S)	0,20	-	Kelas 4 PP No. 82 Tahun 2001
	Tembaga (Cu)	*	0,02	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Timah Hitam (Pb)	*	0,03	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Minyak dan Lemak	0,21	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
	Senyawa Aktif Biru Metilen	0,14	2	Pergub No. 122 Tahun 2005
	COD (Dichromat)	45,17	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
	BOD (20°C, 5 hari)	33,06	50	Pergub No. 122 Tahun 2005
III	Mikrobiologi			
	Bakteri Koli (koloni/100 ml)	609.10 ⁵	10 ⁴	Kelas 4 PP No. 82 Tahun 2001
	Bakteri Koli Tinja (koloni/100 ml)	363.10 ⁵	10 ⁴	Kelas 4 PP No. 82 Tahun 2001

Data diolah dari Laporan BPLHD, 2008

Kualitas air di saluran kanal banjir barat (Tabel 4.7.) sebagai badan air penerima air olahan dari IPAL Waduk Setiabudi. Kandungan COD (45,17 mg/l), BOD (33,06 mg/l), amonia (2,61 mg/l), MBAS (0,14 mg/l), pH (7,07) kanal banjir barat

berada di bawah baku mutu Pergub No. 122 Tahun 2005 tentang air limbah. Kandungan COD (45,17 mg/l) kanal banjir barat masuk Kelas 3 PP 82 Tahun 2001, sedangkan BOD (33,06 mg/l) masuk Kelas 4 PP 82 Tahun 2001.

Sebanyak 17 parameter dari 32 parameter masuk Kelas 1 berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran. Kandungan bakteri *coliform*, *fecal coliform*, oksigen terlarut berada pada Kelas 4. Tingginya kandungan bakteri *coliform* menunjukkan banyaknya bakteri yang berasal sistem pencernaan dari mamalia terutama manusia. Kandungan Phosphat (0,59 mg/l) masuk ke Kelas 3 (baku mutu 1 mg/l) dan kekuatan Phosphorus air limbah < 4 mg/l termasuk lemah (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan kekeruhan (111,17 mg/l), daya hantar listrik (254,67 μ hos/cm) berada pada kisaran Golongan D Keppub No. 582 Tahun 1995. Air kanal banjir barat mengandung banyak zat terlarut yang menunjukkan besarnya erosi yang berasal dari kawasan hulu.

4.3.4. Kualitas Air Sumur Di Kecamatan Tebet dan Setiabudi

Air sumur yang berasal dari Kecamatan Setiabudi (Tabel 4.8.) menunjukkan 10 dari 18 parameter air masuk dalam baku mutu Kelas 1 berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, kriteria air Kelas 1 adalah air peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut. Sebanyak 6 parameter masuk golongan A berdasarkan Keppub DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/ Badan Air Serta Baku Mutu Cair di Wilayah DKI Jakarta. Berdasarkan Keppub No. 582 Tahun 1995, Golongan A adalah air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Tabel 4.8. Kandungan Pencemar di Sumur Kecamatan Tebet dan Setiabudi (BPLHD, 2008)

	Parameter	Kandungan (mg/l)			Keterangan
		Kecamatan		Baku Mutu	
I	Fisis	Setiabudi	Tebet		
	Kekeruhan	-	0	5	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
	Suhu	29,23	29,27	± 3	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Zat padat terlarut (TDS)	199,73	254,33	1.000	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
II	Kimiaawi				
	Besi (Fe)	0,02	-	0,3	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Fluorida (F)	0,04	0,03	0,5	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Senyawa Aktif Biru Metilen	0,04	0,04	200	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Ca Hardness (CaCO ₃)	111,32	91,00	500	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
	Total Hardness	162,89	160,77	-	-
	Chlorida (Cl)	141,31	86,20	250	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
	Mangan (Mn)	0,03	0,21	1	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Nitrat (NO ₃)	2,06	1,82	10	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Nitrit (NO ₂)	0,01	-	0,06	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	pH	6,67	6,40	±3	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Seng (Zn)	0,03	0,07	5	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
	Sulfat (SO ₄)	21,20	1,82	400	Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001
	Organik (KMnO ₄)	0,87	0,52	10	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
III	Mikrobiologi				
	Bakteri Koli (koloni/100 ml)	593*	83	100	Gol A Keppub No. 582 Th 1995
	Bakteri Koli Tinja (koloni/100 ml)	308*	28	100	Gol A Keppub No. 582 Th 1995

*Golongan B Keppub DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 (1.000 koloni/100 ml)

Air sumur yang berasal dari Kecamatan Tebet (Tabel 4.8.) menunjukkan 9 dari 18 parameter air masuk dalam baku mutu Kelas 1 berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, kriteria air Kelas 1 adalah air peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut. Sebanyak 9 parameter masuk golongan A berdasarkan Keppub DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/ Badan Air Serta Baku Mutu Cair di Wilayah DKI Jakarta. Berdasarkan Keppub No. 582 Tahun 1995, Golongan A adalah air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Kandungan mikrobiologi bakteri *coliform* (83 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (28 koloni/100 ml) air sumur di daerah Kecamatan Tebet masuk Golongan A Kepgub DKI No. 582 Tahun 1995. Kandungan mikrobiologi bakteri koli (593 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (308 koloni/100 ml) dari air sumur di daerah Setiabudi masuk Golongan B Kepgub DKI No. 582 Tahun 1995. Kondisi ini menunjukkan air sumur dari Kecamatan Setiabudi lebih tercemar bakteri *coliform* dari pada Kecamatan Tebet.

4.4. Kualitas Air Olahan

Teknologi kolam aerasi yang digunakan di Waduk Setiabudi, teknologi gabungan UASB-DHS, dan DHS telah menunjukkan kemampuannya menyisihkan pencemar (Tabel 4.9.). Teknologi DHS dengan HRT 6 jam mampu menyisihkan kandungan COD-total tertinggi (93,92%) diikuti dengan teknologi gabungan antara UASB-DHS (90,21%). Penyisihan COD-soluble tertinggi oleh teknologi tunggal DHS (HRT 10 jam) (82,77%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (79,90%). Penyisihan NH₄-N tertinggi oleh teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (97,75%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 10 jam) (95,79%).

Tabel 4.9. Persentase Penyisihan Pencemar

Parameter	% Removal Kolam Aerasi	% Removal UASB	% Removal UASB-DHS	% Removal DHS HRT 10 jam	% Removal DHS HRT 6 jam
COD-total	55,74	69,31	90,21	87,74	93,92
COD-soluble	49,16	18,99	78,84	82,77	79,90
NH ₄ -N	37,1	27,24*	76,74	95,79	97,75
NO ₃ -NO ₂	1.790*	175,14*	10.325,61*	11.851,18*	19.072,80*
Bakteri Faecal Coliform	99,06	33,33	91,33	-	74,00

*terjadi penambahan

Rendahnya kemampuan teknologi gabungan UASB-DHS dibandingkan dengan teknologi tunggal DHS, di antaranya diakibatkan bahan organik yang berasal dari reaktor sebelumnya (UASB) mengalir ke reaktor DHS. Kondisi ini mengakibatkan air effluent UASB semakin tercemar. Reaktor UASB yang

digunakan tidak memiliki pemisah gas-cair-padatan (*gas solid separator*), mengakibatkan padatan yang memiliki kandungan biomasa tinggi mencemari air *effluent*.

Teknologi tunggal DHS juga lebih baik dalam menyisihkan kandungan $\text{NH}_4\text{-N}$ (97,75%) dibandingkan dengan teknologi gabungan UASB-DHS (76,74%). Aliran air dari bagian atas reaktor DHS ter-aerasi (teroksidasi) oleh udara sehingga terjadi perubahan bentuk senyawa $\text{NH}_4\text{-N}$ menjadi $\text{NO}_3\text{-NO}_2$, yang ditunjukkan dengan bertambahnya kandungan $\text{NO}_3\text{-NO}_2$. Terjadi proses nitrifikasi pada bagian permukaan spons, dan terjadi pula proses denitrifikasi di bagian dalam spons poliuretan. Laju denitrifikasi di bagian dalam spons lebih rendah dibandingkan laju nitrifikasi pada bagian permukaan.

4.4.1. Kualitas Air Olahan dengan Teknologi Kolam Aerasi Di Waduk Setiabudi

Kandungan pH air *effluent* waduk (7,61) (Tabel 4.10.) masih berada dalam kisaran baku mutu (6-9) Pergub No. 122 Tahun 2005 DKI Jakarta. Kandungan *effluent* kolam aerasi untuk COD-*total* (101,80 mg/l) berada di atas baku mutu air limbah (80 mg/l) dan $\text{NH}_4\text{-N}$ (16,84) yang di atas baku mutu (10 mg/l). Kandungan *effluent* COD-*soluble* (37,95 mg/l) berada di bawah baku mutu (80 mg/l), sedangkan $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ (0,2549 mg/l) berada di Kelas I dari PP No. 82 Tahun 2001. Kandungan zat organik (72,05 mg/l) berada di bawah baku mutu komunal (85 mg/l), senyawa aktif biru metilen MBAS (0,46 mg/l) masih di bawah baku mutu (2 mg/l), minyak dan lemak (0,185 mg/l) di bawah baku mutu (10 mg/l) dari Pergub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 mengenai air limbah. Suhu air *effluent* waduk (28,55°C) juga masih berada dalam kisaran baku mutu ($\pm 3^\circ\text{C}$) Kelas 1 PP No. 82 Tahun 2001.

Tabel 4.10. Kualitas Air Olahan dengan Teknologi Kolam Aerasi di Waduk Setiabudi

PARAMETER	KOLAM AERASI		
	<i>Effluent</i> (mg/l)	Baku Mutu	Keterangan
Suhu (°C) ¹	28,55	± 3	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
COD- <i>total</i> ¹	101,80	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
COD- <i>soluble</i> ¹	37,95	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
NH ₄ -N ¹	16,84	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
NO ₃ -NO ₂ ¹	0,2549	10	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
pH ¹	7,61	6 - 9	Pergub No. 122 Tahun 2005
Zat Padat Tersuspensi ²	33,11	50	Pergub No. 122 Tahun 2005
Amoniak ²	1,63	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
Zat Organik (KMnO ₄) ²	72,05	85	Pergub No. 122 Tahun 2005
BOD (20°C, 5 hari) ²	25,66	50	Pergub No. 122 Tahun 2005
COD (<i>dicrhomat</i>) ²	69,08	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
Senyawa Aktif Biru Metilen ²	0,46	2	Pergub No. 122 Tahun 2005
Minyak dan Lemak ²	0,185	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
<i>Faecal Coliform Colony</i> / 100 ml	1.400 ³	2.000	Kelas. 3 (PP No. 82 Tahun 2001)

¹Diuji di Laboratorium PD. PAL Jaya

²Diuji di Laboratorium BPLHD DKI Jakarta

³Diuji di Laboratorium Sucofindo

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, kolam aerasi mampu menyisihkan sebagian pencemar yang ada di Waduk Setiabudi. Walaupun demikian, terdapat kendala dalam menentukan penyisihan pencemar dari *effluent* di antaranya pengenceran air limbah yang berasal dari hulu dan air hujan, waktu tinggal kolam aerasi tidak sesuai dengan yang disarankan. Air dalam Waduk Setiabudi akan dibuang (dialirkan) ke kanal banjir barat setiap hari tanpa mempertimbangkan lama tinggalnya, menurut Nusa (2008), untuk ukuran 1 – 4 ha, dibutuhkan waktu tinggal antara 7 hingga 20 hari. Operasional pintu air Waduk Setiabudi diolah secara terpisah oleh Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta sebagai operator, selain itu Waduk Setiabudi menjadi penampungan air kawasan Jakarta Selatan dan sekitarnya jika debitnya meningkat.

Konsentrasi padatan tersuspensi (33,11 mg/l) berada pada Kelas I (50 mg/l) dari PP No. 82 Tahun 2001. Padatan tersuspensi (*Suspended solid*) yang masuk ke kolam aerasi Waduk Setiabudi akan mengendap karena berat molekulnya lebih tinggi dari air. Konsentrasi padatan tersuspensi akan lebih tinggi ditemukan di

Universitas Indonesia

dasar waduk dibandingkan dengan permukaannya. Kondisi mandek di dasar kolam menyebabkan terhambatnya transfer oksigen ke dasar kolam, dan menyebabkan kondisi anaerob. Terdapat batas antara zona anaerob dan aerob di kolam aerasi yang dinamis, dipengaruhi pengadukan, serta penetrasi cahaya matahari. Kondisi pencampuran dan cahaya matahari yang lemah mengakibatkan pergerakan lapisan anaerobik ke permukaan air. Zona tempat oksigen terlarut berfluktuasi disebut daerah fakultatif (*facultative zone*), mikroorganisme yang ada pada zona tersebut harus mampu menyesuaikan metabolismenya terhadap perubahan kondisi oksigen terlarut.

Interaksi yang sangat kompleks terjadi di zona fakultatif, asam organik dan gas yang dihasilkan oleh penguraian senyawa organik di zona anaerob akan diubah menjadi makanan bagi mikroorganisme yang ada di zona aerobik. Massa organisme yang mengalami metabolisme akan mengendap ke dasar kolam dan akan mati, serta menjadi makanan bagi organisme di zona anaerobik.

Bakteria mengkonsumsi oksigen sebagai *electron acceptor* untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada di dalam air menjadi produk yang stabil seperti CO_2 , NO^3 , dan PO_4 . Alga dengan bantuan sinar matahari menggunakan produk stabil tersebut sebagai sumber energi bagi metabolisme dan memproduksi oksigen serta produk lainnya.

Kandungan *Fecal coliform colony*/100 ml dari effluen Waduk Setiabudi sebesar (1.400), dan masuk Kelas III (2.000), berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kandungan fecal *coliform* yang tersisihkan sebesar 99,06%, rendahnya kandungan *fecal coliform* terutama dipengaruhi oleh pengenceran yang berasal dari drainase kota.

4.4.2. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan UASB

Kandungan *effluent* UASB COD-*total* (68,73 mg/l) dan COD-*soluble* (51,05 mg/l) (Tabel 4.11.) berada di dalam baku mutu komunal limbah domestik (80 mg/l). Begitu pula dengan kandungan *effluent* zat padat tersuspensi (10 mg/l), zat

organik (8,80 mg/l), BOD₅ (5,30 mg/l), COD (10,13 mg/l), MBAS (0,22 mg/l) dan minyak-lemak (0,11 mg/l) sudah masuk baku mutu limbah domestik komunal, dan pH (7,38). Kandungan amoniak (32,88 mg/l) melebihi baku mutu (10 mg/l) dan *faecal coliform colony*/100 ml sebanyak (100.000) baku mutu (2000) berdasarkan Kelas III dari PP No. 82 Tahun 2001. Kandungan *faecal coliform* yang disisihkan oleh teknologi UASB sebesar 33,33%.

Tabel 4.11. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan UASB

PARAMETER	TEKNOLOGI UASB		
	Effluent (mg/l)	Baku Mutu Komunal	Keterangan
Suhu (°C) ¹	27,71	± 3	Kelas I(PP No. 82 Tahun 2001)
COD-total ¹	68,73	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
COD-soluble ¹	51,05	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
NH ₄ -N ¹	26,91	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
NO ₃ -NO ₂ ¹	0,1411	20 ³	Kelas I(PP No. 82 Tahun 2001)
pH ¹	7,38	6-9	Kelas I(PP No. 82 Tahun 2001)
Zat Padat Tersuspensi ²	10	50	Kelas I(PP No. 82 Tahun 2001)
Amoniak ²	32,88	10	Pergub No. 122 Tahun 2005
Zat Organik (KMnO ₄) ²	8,80	85	Kelas. I(PP No. 82 Tahun 2001)
BOD (20°C, 5 hari) ²	5,30	50	Pergub No. 122 Tahun 2005
COD (dicromat) ²	10,13	80	Pergub No. 122 Tahun 2005
Senyawa Aktif Biru Metilen ²	0,22	200	Kelas. I(PP No. 82 Tahun 2001)
Minyak dan Lemak ²	0,11	1.000	Kelas. I(PP No. 82 Tahun 2001)
<i>Faecal Coliform Colony</i> / 100 ml	100.000 ³	2.000	Kelas. 3 (PP No. 82 Tahun 2001)
Gas Metana %	4,1	-	-

¹Diuji di Laboratorium PD. PAL Jaya

²Diuji di Laboratorium BPLHD DKI Jakarta

³Diuji di Laboratorium Sucofindo

Derajat keasaman (pH = 7,38) pada kisaran netral (pH 6,7-7,2), karena pada pH netral produksi gas metana akan lebih efektif. Gas metana sangat dipengaruhi oleh kandungan asam volatil, penelitian Mosey dan Ferdinand (1991) menunjukkan bahwa pembentukan asam volatil ditentukan oleh kompetisi penggunaan karbohidrat di antara bakteri penghasil propionat, dan butirat. *Propiona bacteria* dan *Enterobacteriaceae* tidak terpengaruh oleh tekanan parsial hidrogen, dan akan diperoleh asam propionat, asam asetat, asam formiat dalam perbandingan tertentu. Ketika pH netral, dan konsentrasi makanan tinggi, bakteri ini berkembang biak

dengan baik, namun peka pada pH rendah. Sebaliknya bakteri penghasil asam butirat, misalnya *Clostridia* mampu bertahan pada pH rendah, tekanan hidrogen rendah dan kondisi miskin substrat. Selama proses, beberapa bakteri yang mampu menghasilkan asam butirat hilang dan berubah sifatnya jadi *acetogen*, yang menghasilkan asam asetat, karbondioksida dan gas metana (McCarty dan Mosey, 1991 dalam Rahayu, 1996). Meskipun kondisi pH netral, tetapi kandungan gas metana sangat rendah hanya 4,1%, padahal syarat untuk menjadi bahan bakar diperlukan minimalnya melebihi 50%.

Banyak toksikan yang menyebabkan kegagalan *anaerobic digestion* (UASB), dan hambatan dari metanogenesis umumnya diindikasikan dengan berkurangnya produksi gas metana dan meningkatnya konsentrasi *volatile acids*. (Lettinga, 1995 dalam Bitton, 2005). Bakteri metanogen *obligate anaerobes* (harus kondisi anaerob) sensitif dengan adanya kandungan kecil oksigen (Oremland, 1988; Robertson and Wolfe, 1970 dalam Bitton, 2005) dan (Gerardi, 2003). Oksigen juga dapat menyebabkan kerusakan lumpur granul, menghambat pertumbuhan dan menempel pada bakteri *filamentous* (berbentuk kawat) (Lettinga, 1995 dalam Bitton, 2005:356).

Amonia tak-terionisasi juga cenderung toksik terhadap bakteri metanogen, dan produksinya tergantung pH (akan semakin banyak tak-terionisasi pada pH tinggi), toksisitasnya rendah pada pH netral. Amonia penghambat bakteri metanogen pada tingkat 1500-3000 mg/l. Toksisitas disebabkan oleh penambahan terus-menerus dari bagian amonia sebagai *solid retention time* meningkat (Bhattacharya and Parkin, 1989 dalam Bitton, 2005:356).

Penghambat potensial proses anaerobik lainnya adalah Sulfida (Anderson *et al.*, 1982 dalam Bitton, 2005:359), *un-ionized* hidrogen sulfida berdifusi melalui membran sel lebih cepat dari spesies terionisasi, toksisitas sulfida bergantung pH (Koster *et al.*, 1986 dalam Bitton, 2005:359). Ketika pH netral 20-50% sulfida terlarut dalam bentuk H₂S (Colleran *et al.*, 1995 dalam Bitton, 2005:359). Sulfida

toksik terhadap metanogen ketika 150-200 mg/l, dan bakteri pembentuk asam lebih tahan terhadap hidrogen sulfida.

Alifatik (senyawa dengan rantai lurus) terklorinasi lebih toksik terhadap bakteri metanogen dari pada mikroorganisme aerobik heterotropik (Blum and Speece, 1995 dalam Bitton, 2005:356). Kloroform sangat toksik terhadap metanogen, terukur oleh produksi metana dan akumulasi hidrogen, pada konsentrasi di atas 1 mg/l (Hickey *et al.*, 1987 dalam Bitton, 2005:357). Aklimatisasi senyawa ini meningkatkan toleransi metanogen hingga 15 mg/l (kloroform). Pengumpulan metanogen tergantung konsentrasi biomasa, *solid retention time*, dan suhu (Yang and Speece, 1986 dalam Bitton, 2005:357).

Kultur metanogen murni (*Metanothix concilii*, *Methanobacterium espanole*, *Methanobacterium bryantii*) akan terhambat oleh senyawa cincin benzena (benzena, toluena, fenol, pentaklorofenol). Pentaklorofenol merupakan yang paling toksik dari semua cincin benzena yang diuji (Patel *et al.*, 1991 dalam Bitton, 2005:357). Di antara senyawa fenolik, orde penghambatan metanogenesis adalah nitrofenol > klorofenol > hidrosifenol > ftalat (Fang *et al.*, 1997 dalam Bitton, 2005:357).

Volatile acids (asam-asam atsiri/mudah menguap seperti asam propionat, asam butirat) (Bitton, 2005), asam lemak rantai-panjang (asam laurat, oleat) (Koster and Cramer, 1987 dalam Bitton, 2005: 358). Logam berat, sianida, amonia, formaldehid, deterjen, desinfektan, dan bahan farmasi dapat menimbulkan racun pada organisme dalam reaktor (Yang *et al.*, 1990 dalam Rahayu, 1996. Urutan daya hambat logam berat terhadap proses anaerobik Ni > Cu > Cd > Cr > Pb, toksisitas meningkat seiring dengan menurunnya afinitas logam berat. Sesuai dengan Yang, *et al.*, (1990), Fang, (1997) mendapatkan toksisitas logam berat terhadap bioaktivitas biogranul UASB semakin menurun Zn > Ni > Cu > Cr (Fang, 1997). Walaupun demikian telah diketahui, beberapa logam berat seperti nikel, kobalt dan molibdenum pada konsentrasi rendah dapat menstimulasi

bakteri metanogen (Murray and van den Berg, 1981; Shonheit *et al.*, 1979; Whitman and Wolfe, 1980 dalam Bitton, 2005:358).

Teknik perlakuan anaerobik hanya mampu menyisihkan sebagian kecil dari makronutrien, seperti Nitrogen, Fosforus, dan Sulfida. Air hasil olahan anaerobik yang kaya makronutrien dibuang ke badan air penerima dan akan menimbulkan masalah lingkungan seperti eutrofikasi. Senyawa makronutrien tersebut dalam bentuk senyawa organik dan sebagai ion mineral: amonia (NH_4^+), Fosfat (HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^-). Senyawa organik dalam reaktor UASB dimineralisasi dan hanya tersisa dalam bentuk senyawa anorganik. Terkadang, penyisihan bahan organik tidak selesai bahkan tidak sesuai dengan standar *effluent*.

Sistem anaerobik bergantung pada laju pertumbuhan organisme metanogenik, *start-up* lebih lama dibanding proses aerobik, ketika tidak tersedia inokulum yang baik. Selama proses anaerobik akan memproduksi hidrogen sulfida, terutama ketika influen mengandung sulfat yang tinggi dan akan terlarut pada *effluent*. UASB biasanya memerlukan *post-treatment* agar parameter effluentnya sesuai dengan standar, dan Harada, (2004) menyatakan sistem anaerobik buruk dalam menyisihkan organisme patogen.

4.4.3. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Gabungan UASB-DHS

Konsentrasi *effluent* COD-*total* (17,67 mg/l) dan COD-*soluble* (12,13 mg/l) (Tabel 4.12.) setelah diolah dengan teknologi UASB-DHS telah berada di bawah baku mutu (80 mg/l). Konsentrasi *effluent* $\text{NH}_4\text{-N}$ (6,23 mg/l) dengan baku mutu (10 mg/l), *effluent* $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ (6,76 mg/l) juga di bawah baku mutu (10 mg/l). Namun, *effluent* kandungan *fecal coliform colony*/100 ml (13.000) masih berada di atas baku mutu air Kelas III (2000), berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air. Teknologi kombinasi UASB-DHS mampu menyisihkan *fecal coliform* sebesar 87,33%.

Sistem DHS mampu menyisihkan *fecal coliform* yang berasal dari air limbah domestik, mekanisme penyisihan bakteri patogen pada media berpori terutama

melalui *straining* dan adsorpsi (Stevik *et al.*, 2004 dalam Tawfik *et al.*, 2006). (Corapcioglu dan Haridas, 1984 dalam Tawfik *et al.*, 2006) *straining* dipengaruhi ukuran, saringan sumbat dan tingkat kejenuhan air, dan adsorpsi dipengaruhi waktu, bertambahnya waktu tinggal akan meningkatkan kemungkinan adsorpsi (Harvey dan Garabedin, 1991; Van Loosdrecht *et al.*, 1989 dalam Tawfik *et al.*, 2006).

Selain itu, Tawfik *et al.*, 2006 dalam Machdar *et al.*, 2005 menyebutkan mekanisme penyisihan *coliform* pada DHS melalui penjeratan atau adsorpsi, predasi, kematian alami dan teracun oksigen seperti yang terjadi pada *Rotating Biological Contactor* (RBC). Penyisihan *fecal coliform* terpenting menurut Tawfik *et al.*, (2006) adalah adsorpsi diikuti predasi. Gann *et al.*, 1968 dalam Machdar *et al.*, 2005 bakteri *coliform* tidak dapat berkompetisi dengan bakteri lainnya pada sistem aerobik untuk memperoleh nutrisi. Penyisihan *fecal coliform* disebabkan kondisi aerobik DHS yang bertindak sebagai toksikan (Pant and Mittal, 2007), dan Uemura *et al.*, (2002) menyatakan kombinasi UASB-DHS memiliki kinerja yang lebih baik dari pada *activated sludge process* dalam mereduksi *fecal coliform*. DHS memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyisihkan *coliform* baik secara fisik dan biologis, tetapi faktor-faktor penyisihan tersebut belum diukur pada DHS (Machdar, 2007).

Faktor fisik seperti waktu retensi, ukuran pori spons, dan ukuran volume spons ditemukan faktor terpenting yang menyisihkan *fecal coliform* di sistem DHS setelah melalui sistem UASB (*effluent* UASB) Tawfik *et al.*, (2006). Penyisihan *fecal coliform* yang lebih signifikan saat waktu retensi ditingkatkan dari 1 hingga 6 jam, ukuran volume spons dari 12,9 menjadi 51,61 liter, dan pengurangan ukuran pori dari 1,92 menjadi 0,56 mm (Tawfik, *et al.*, 2006).

Faktor kimiawi seperti pH, kapasitas tukar kation, kekuatas ionik air limbah, dan *dissolved oxygen* (DO) memiliki pengaruh terbatas pada perpindahan *E. coli* pada *biological filters* dan RBC (Stevik *et al.*, 1999; Tawfik, *et al.*, 2004 dalam Tawfik *et al.*, 2006). Mekanisme penyisihan biologi untuk organisme patogen termasuk:

antibiosis, *exposure biocides*, predasi, penyerangan oleh bakteri *lytic*, kematian alami, dan kompetisi untuk nutrisi atau unsur mikro (Green *et al.*, 1997 dalam Tawfik *et al.*, 2006). Peran protozoa dalam menghilangkan bakteri patogen pada saringan pasir (*sands filter*) telah diteliti oleh Bomo *et al.*, 2003 dan Stevik *et al.*, 1999 dalam Tawfik *et al.*, 2006. Ditemukan, penyisihan *E. coli* tinggi pada zona di atas dari sistem infiltrasi yang berhubungan dengan predasi.

Kinerja unit pengolahan limbah cair dapat dilihat dari kemampuannya menerima beban kejutan yang masuk. Stabilitas reaktor dari kelebihan beban menjadi salah satu poin terpenting akibat fluktuasi aliran pencemar limbah domestik. Sistem gabungan UASB dan DHS, ketika *effluent* UASB masuk sebagai *influent* DHS seringkali mengalami lonjakan beban dari biomassa yang ke luar dari UASB. Lonjakan beban tersebut menyebabkan naiknya kandungan bahan organik dalam effluen UASB, tetapi setelah melalui sistem DSH, bahan organik tersebut dapat disisihkan dengan baik. Kondisi ini mirip yang ditemukan oleh Tandukar *et al.*, (2006), bahwa kinerja sistem DHS hampir tidak terpengaruh dengan kejutan gangguan beban hidraulik. Penyisihan COD-*soluble* akibat kejutan beban, sebagai residu, tetap berada di kisaran dekat dengan kondisi normalnya. Kejutan beban hidraulik merubah proses nitrifikasi, penyisihan Nitrogen amonium berkurang dari 73% (kondisi normal) menjadi 38,3%. Hanya membutuhkan waktu 2 jam untuk menghilangkan kejutan beban hidraulik, dan proses nitrifikasi kembali normal. Kondisi ini menyimpulkan bahwa bakteri nitrifikasi tidak hanyut dari sistem, tetapi berkompetisi dengan bakteri heterotrop dalam penggunaan oksigen.

Tandukar, *et al.*, 2005 dalam Tandukar, *et al.*, 2007 menemukan dalam sistem gabungan UASB-DHS, nitrifikasi dan denitrifikasi terjadi pada fase aerobik sistem DHS. Bakteri nitrifier berada di lumpur yang tertahan di DHS, awalnya mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat yang selanjutnya dirubah menjadi gas nitrogen oleh bakteri denitrifikasi pada inti *anoxic* (*core anoxic*) dari materi spons (Araki *et al.*, 1999 dalam Tandukar *et al.*, 2007).

Tabel 4.12. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Gabungan UASB-DHS

No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
1	pH	6,68	6 - 9	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
2	Suhu	27,43	± 3	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
3	Zat PadaTerlarut (mg/l)	149,20	1.000	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
4	Zat Padat Tersuspensi	1,0	50	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
5	Kekeruhan NTU	5,00	5	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
6	Warna (Skala Pt Co)	65,00	100	Gol. B Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
7	Besi (Fe) (mg/l)	0,07	0,3	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
8	Flourida (mg/l)	1,32	1,5	Gol. B Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
9	Ca Hardness (mg/l)	86,45	500	Gol. A (Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995)
10	Total Hardness (mg/l)	145,60	500	Permenkes No. 907 Tahun 2002
11	Chlorida (mg/l)	48,21	250	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
12	Chlorine (mg/l)	*	0,03	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
13	Chromiun(Cr) (mg/l)	< 0,006	0,05	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
14	Nikel (Ni) (mg/l)	< 0,010	0,02	Permenkes No. 907 Tahun 2002
15	Phosphat (PO ₄) (mg/l)	0,92	1	Kelas. 3 (PP No. 82 Tahun 2001)
16	Seng (Zn) (mg/l)	0,03	5	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
17	Sulfat(SO ₄) (mg/l)	60,30	250	Permenkes No. 907 Tahun 2002
18	Sulfida (mg/l)	0,03	0,05	Permenkes No. 907 Tahun 2002
19	Tembaga (mg/l)	< 0,006	0,02	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
20	Timah Hitam (Pb) (mg/l)	< 0,023	0,03	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
21	Mangan (Mn) (mg/l)	0,08	1	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
22	Fenol (mg/l)	0,231	1	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
23	NO ₃ - NO ₂	6,73	10	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
24	NH ₄ -N	6,23	-	Kelas. 2 (PP No. 82 Tahun 2001)
25	<i>Faecal Coliform Colony</i> / 100 ml	13.000	2.000	Kelas. 3 (PP No. 82 Tahun 2001)
26	Minyak - lemak	0,06	1.000	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
27	Senyawa Aktif Biru Metilen	0,04	200	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
28	Zat Organik (KMnO ₄)	3,30	10	Gol. A (Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995)
29	COD	5,45	10	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
30	BOD	1,89	2	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)

*Tidak terdeteksi

Sebanyak 25 dari 30 parameter dari air *effluent* yang diolah dengan teknologi gabungan UASB-DHS berada pada kisaran Kelas I (PP No. 82 Tahun 2001), Golongan A (Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995), dan memenuhi persyaratan kualitas air minum Permenkes No. 907 Tahun 2002. Berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995 Peruntukan air sungai/badan air di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Golongan A adalah air yang dapat digunakan air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air PP No. 82 Tahun 2001 Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 907 Tahun 2002 Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Walaupun demikian, setelah diolah teknologi gabungan UASB-DHS masih terdapat beberapa parameter yang masuk Kelas 2 PP No. 82 Tahun 2001 yaitu $\text{NH}_4\text{-N}$ (6,23 mg/l) (baku mutu tidak ditentukan), Kelas 3 yaitu *Phosphat* (0,92 mg/l) (baku mutu 1 mg/l), *Feacal Coliform colony* (13.000 koloni/100 ml) (baku mutu 2.000 koloni/100 ml). Sedangkan Flourida Golongan B (1,32 mg/l) (baku mutu 1,5 mg/l) dan warna (65 Pt Co) (baku mutu 100 Pt Co) dari Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995.

Banyaknya parameter yang telah sesuai dengan baku mutu air minum menunjukkan kinerja teknologi UAS-DHS layak dipertimbangkan untuk mengolah air limbah menjadi air baku air minum. Upaya peningkatan pengolahan air limbah sistem gabungan UASB-DHS diharapkan mampu menghasilkan air olahan yang lebih memenuhi kriteria air baku air minum berdasarkan peraturan yang berlaku.

4.4.4. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Tunggal DHS (HRT 6 Jam)

Setelah melalui sistem pengolahan DHS dengan HRT 6 jam, kualitas air limbah mengalami perubahan kandungan pencemar. Sebanyak 23 dari 30 parameter dari air *effluent* yang diolah dengan sistem tunggal DHS (Tabel 4.13.) berada pada kisaran Kelas I (PP No. 82 Tahun 2001), Golongan A (Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995), dan memenuhi persyaratan kualitas air minum Permenkes No. 907 Tahun 2002. Berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995 Peruntukan air sungai/badan air di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Golongan A adalah air yang dapat digunakan air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air PP No. 82 Tahun 2001 Kelas 1, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 907 Tahun 2002 Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Walaupun demikian, setelah diolah sistem DHS masih terdapat beberapa parameter masuk Kelas 2 yaitu COD (25,45 mg/l) (baku mutu 25 mg/l), Kelas 3 seperti *Feacal coliform colony* (39.000 koloni/100 ml) (baku mutu 2.000 koloni/100 ml), Kelas 4 yaitu *Phosphat* (2,86 mg/l) (baku mutu 5 mg/l) dan BOD (7,23 mg/l) (baku mutu 12 mg/l) dari PP No. 82 Tahun 2001. Golongan B Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th. 1995 yaitu Kualitas Warna (48 Pt Co) (baku mutu 100 Pt Co), Flourida (1,26 mg/l) (baku mutu 1,5 mg/l), setelah diolah sistem tunggal DHS zat organik (15,19 mg/l) (baku mutu 15 mg/l).

Tabel 4.13. Kualitas Air Olahan dengan Sistem Pengolahan Tunggal DHS
(HRT 6 Jam)

No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
1	pH	7,88	6 - 9	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
2	Suhu	27,65	± 3	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
3	Zat PadaTerlarut (mg/l)	168,90	1.000	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
4	Zat Padat Tersuspensi	1,0	50	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
5	Kekeruhan NTU	2,00	5	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
6	Warna (Skala Pt Co)	48,00	100	Gol. B Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
7	Besi (Fe) (mg/l)	0,08	0,3	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
8	Flourida (mg/l)	1,26	1,5	Gol. B Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
9	Ca Hardness (mg/l)	81,90	500	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
10	Total Hardness (mg/l)	131,95	500	Permenkes No. 907 Tahun 2002
11	Chlorida (mg/l)	50,62	250	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
12	Chromiun(Cr) (mg/l)	< 0,006	0,05	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
13	Nikel (Ni) (mg/l)	< 0,010	0,02	Permenkes No. 907 Tahun 2002
14	Phosphat (PO ₄) (mg/l)	2,86	5	Kelas. 4 (PP No. 82 Tahun 2001)
15	Seng (Zn) (mg/l)	0,02	5	Gol. A Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
16	Sulfat(SO ₄) (mg/l)	64,60	250	Permenkes No. 907 Tahun 2002
17	Sulfida (mg/l)	0,02	0,05	Permenkes No. 907 Tahun 2002
18	Tembaga (mg/l)	< 0,006	0,02	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
19	Timah Hitam (Pb) (mg/l)	0,05	0,03	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
20	Mangan (Mn) (mg/l)	< 0,004	1	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
21	Fenol (mg/l)	0,079	1	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
22	NO ₃ - NO ₂	12,51	10	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
23	NH ₄ -N	0,61	1,5	Permenkes No. 907 Tahun 2002
24	Faecal Coliform Colony/ 100 ml	39.000	2.000	Kelas. 3 (PP No. 82 Tahun 2001)
25	Minyak - lemak	0,1	1.000	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
26	MBAS	0,05	200	Kelas. 1(PP No. 82 Tahun 2001)
27	Zat Organik (KMnO ₄)	15,19	15	Gol. B. Kep. Gubernur DKI Jakarta No. 582 Th 1995
28	Chlorine (mg/l)	*	0,03	Kelas. 1 (PP No. 82 Tahun 2001)
29	COD	25,45	25	Kelas. 2 (PP No. 82 Tahun 2001)
30	BOD	7,23	12	Kelas. 4 (PP No. 82 Tahun 2001)

*tidak terdeteksi

Kemampuan sistem tunggal DHS (HRT 6 jam) mampu menyisihkan bakteri *fecal coliform* sebesar 74%. Tawfik *et al.*, 2006 dalam Machdar *et al.*, 2005 menyebutkan mekanisme penyisihan *coliform* pada DHS melalui penjeratan atau adsorpsi, predasi, kematian alami dan teracuni oksigen seperti yang terjadi pada RBC. Penyisihan *fecal coliform* terpenting menurut Tawfik *et al.*, (2006) adalah adsorpsi diikuti predasi. Gann *et al.*, 1968 dalam Machdar *et al.*, 2005 bakteri *coliform* tidak dapat berkompetisi dengan bakteri lainnya pada sistem aerobik untuk memperoleh nutrisi. Penyisihan *fecal coliform* disebabkan kondisi aerobik DHS yang bertindak sebagai toksikan (Pant and Mittal, 2007), dan Uemura *et al.*, (2002) menyatakan kombinasi UASB-DHS memiliki kinerja yang lebih baik dari pada *activated sludge process* dalam mereduksi *fecal coliform*. DHS memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyisihkan *coliform* baik secara fisik dan biologis, tetapi faktor-faktor penyisihan tersebut belum diukur pada DHS (Machdar, 2007).

4.5 Rencana Pengelolaan Air Limbah Waduk Setiabudi dengan Teknologi DHS

Kualitas air olahan sistem tunggal DHS mampu menandingi sistem olahan kombinasi UASB-DHS, sehingga sebanyak 23 parameter masuk kualitas air Kelas I, Golongan A serta berdasarkan Permenkes No. 907 Tahun 2002. Secara kasat mata, kualitas air olahan sistem DHS (HRT 6 jam) lebih relatif stabil bersih jika dibandingkan dengan sistem gabungan UASB-DHS. Banyaknya parameter yang telah sesuai dengan baku mutu air minum menunjukkan kinerja sistem pengolahan tunggal DHS layak dipertimbangkan untuk mengolah air limbah menjadi baku air minum. Selain itu pertimbangan ketersediaan lahan kering di Waduk Timur Setiabudi hanya 581 m², termasuk bangunan ruang kontrol operator. Namun teknologi DHS harus dikaji terlebih dahulu, sebagai pengelolaan air limbah yang layak dibangun. Kajian komprehensif aspek teknis, ekonomi, sosial, dan aspek lingkungan diharapkan meminimalisasi dampak yang kelak ditimbulkan oleh aplikasi teknologi DHS.

a. Aspek Teknologi Pengolahan Air Limbah

Berdasarkan hasil penelitian, air limbah yang diolah dengan menggunakan teknologi gabungan UASB-DHS memiliki kinerja yang lebih baik bila dibandingkan dengan teknologi tunggal DHS. Namun, teknologi UASB biasanya digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan COD > 1500 mg/l, sedangkan kandungan COD di Waduk Setiabudi rata-rata di bawah 300 mg/l. Gas metan yang dihasilkan teknologi UASB tidak menghasilkan yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar (> 50% gas metan). Penyebab rendahnya kinerja UASB diduga karena air Waduk Setiabudi memiliki banyak pencemar toksik yang mengakibatkan bakteri metanogen tidak mampu menghasilkan gas metan yang cukup untuk bahan bakar. Selain itu, bakteri metanogen sensitif terhadap kehadiran oksigen.

Peneliti menyarankan penggunaan teknologi DHS untuk mengolah air limbah Waduk Setiabudi. Sistem tunggal DHS mampu meningkatkan kualitas air olahannya hingga dapat masuk sebagai bahan baku air minum. DHS mengolah air limbah secara proses biologis dengan biakan melekat, di mana mikroorganisme dibiakkan pada media spons dan membantu menyisihkan berbagai pencemar. Sistem DHS memanfaatkan aliran turun air dan mendapatkan aerasi dari tinggi towernya serta hembusan angin. Aspek teknologi DHS perlu mempertimbangkan kapabilitas, finansial, tetapi juga kesesuaian dengan teknologi yang telah ada.

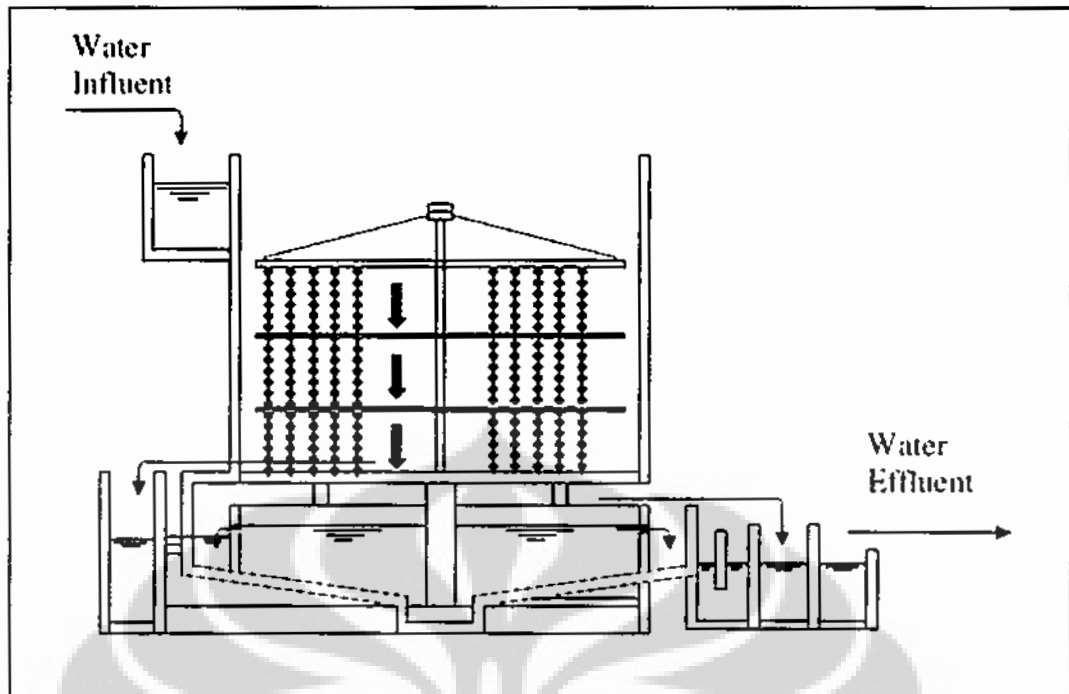
Teknologi DHS tidak membutuhkan aerasi eksternal dengan aerator, hal ini menjadikan energi yang dibutuhkan lebih kecil dan rendah biaya. Harada (2001) menyebutkan kebutuhan energi *water treatment* mencapai 48,9% untuk aerasi, mengkonsumsi energi setiap unitnya 0,46 kWh/m³ (*Statistic of Japan Sewage Works*, 2001). Sistem DHS tidak mengalami sumbatan, lebih tahan terhadap lonjakan beban pencemar, menghasilkan lebih sedikit lumpur dan tidak perawatannya lebih sederhana dibandingkan teknologi UASB. Sistem DHS dapat dibangun pada lahan minim dengan dimensi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Teknologi DHS dapat dipadukan dengan teknologi kolam aerasi yang diterapkan PD. PAL Jaya di Waduk Setiabudi.

Jumlah penduduk yang tercatat di dua Kecamatan Tebet dan Setiabudi sekitar \pm 400.000 jiwa, jika per orang menghasilkan 200 liter air limbah setiap harinya, maka setara dengan 80.000.000 liter air limbah (80.000 m^3 air limbah). Diperlukan 80 unit DHS dengan kapasitas $1.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ untuk melayani penduduk di dua Kecamatan Tebet dan Setiabudi, dan akan membutuhkan lahan seluas 16.000 m^2 ($\pm 200 \text{ m}^2$ per unit DHS).

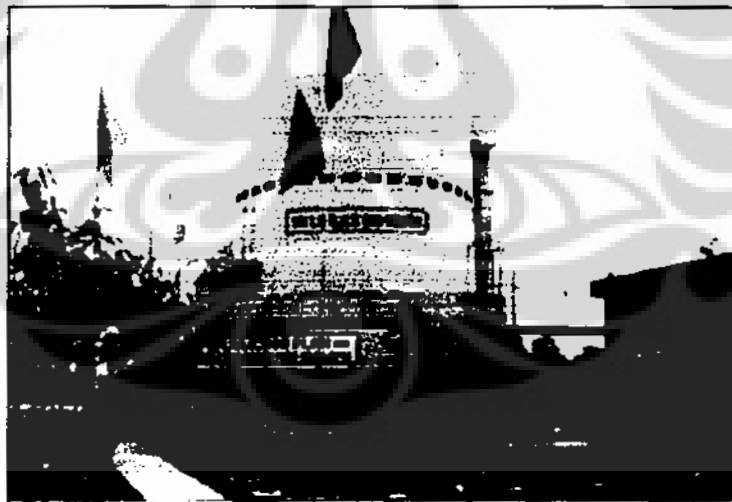
Unit DHS dengan spesifikasi dengan daerah layanan Kecamatan Tebet dan Setiabudi, dengan jumlah penduduk 400.000 jiwa.

Dimensi Reaktor DHS

Tabung Reaktor	: Terbuat dari beton
Tinggi reaktor	: 4 m
Diameter dalam	: 12 m
Luas area/unit DHS	: $\pm 200 \text{ m}^2/\text{unit DHS}$, $r = 8 \text{ m}$
Isi (volume)	: 314 m^3
<i>Sponges Occupancy</i>	: 25% (persentase spons/volume reaktor)
Dimensi Spons	: $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$
Bahan Spons	: Poliuretan
HRT	: 6 jam
Perbandingan luas/volume spons	: $2.400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ untuk 1/3 bagian atasnya
Perbandingan luas/volume spons	: $3.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ untuk 1/3 bagian tengah
Perbandingan luas/volume spons	: $3.500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ untuk 1/3 bagian bawahnya
Porositas	: 97%
Beban limbah	: 600 mg/l COD ($0,025 \text{ kg COD}/\text{menit}$)
Kapasitas Unit DHS	: $1.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ ($1.000 \text{ m}^3/\text{hari}/500 \text{ orang}$)
Jumlah orang layanan	: 400.000 orang (Tebet dan Setiabudi)
Jumlah limbah yang diolah	: $80.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ ($200 \text{ liter}/\text{hari}/\text{orang}$)
Kebutuhan unit DHS	: 80 unit DHS
Kebutuhan lahan	: 16.000 m^2 ($80 \text{ unit DHS} \times 200 \text{ m}^2$)
Konsumsi listrik	: $350 \text{ W} \times 80 \text{ unit DHS}$



Gambar 4.3. Skema DHS di India



Gambar 4.4. Bangunan DHS di India
(Gambar dari Prof. Ohashi, Hiroshima University 2010)

Pertimbangan penerapan teknologi DHS seperti keterbatasan lahan darat mengakibatkan hanya mungkin membangun satu unit DHS di Waduk Setiabudi bagian Timur. Unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³ dengan penggunaan lahan 200 m² dapat melayani 5.000 orang tanpa mengubah penggunaan teknologi kolam aerasi yang di gunakan PD. PAL Jaya.

b. Aspek Sosial Pengolahan Air Limbah

Kajian aspek sosial yang berasal dari berbagai lapisan masyarakat, baik yang terkena dampak langsung maupun tidak dari aktivitas atau proyek pengolahan air limbah. Aspek sosial merupakan salah satu faktor penting dalam pengelolaan sumber daya air terpadu. Aspek sosial berhubungan dengan sumber daya manusia yang dinamis dalam menjalankan kehidupan dan penghidupannya (Kodoatie, 2005). Perubahan sosial terus terjadi akibat dari kebutuhan manusia terhadap air serta dari keberadaan Waduk Setiabudi. Pengelolaan sumber daya air di Waduk Setiabudi sebagai suatu aktivitas yang menyeluruh, berasal dari masyarakat, oleh masyarakat dan untuk masyarakat dalam mewujudkan kehidupan yang sehat, adil dan sejahtera.

Lokasi Waduk Setiabudi dikelilingi gedung perkantoran, hotel, jalan raya, yang areanya didominasi sebagai nonresidential. Pembangunan unit DHS yang cukup jauh dari pemukiman menguntungkan karena tidak mempengaruhi kesehatan warga, namun lebih mempengaruhi kesehatan pekerja. Dampak yang timbul dari operasional DHS adalah di antaranya adalah bau air limbah yang memang timbul sebelum adanya teknologi DHS. Bentuk bangunan DHS yang menjulang menyebabkan udara akan mengalir ke bagian atas bangunan dan meminimalisasi baunya dan mengurangi gangguan yang mungkin ditimbulkan.

Pengaruh sosial berdasarkan peran serta masyarakat dari keberadaan Waduk Setiabudi telah diteliti oleh Putera, 2008. Populasi penelitian berasal dari data base PD. PAL Jaya tahun 2007 (1.159 pelanggan rumah tangga), diambil sebanyak 270 pelanggan dan 270 non-pelanggan rumah tangga dijadikan responden (Tabel. 4.14.). Kuesioner yang diberikan kepada 540 responden, yang diisi sebanyak 252

dengan perincian 126 responden dari pelanggan dan 126 dari kalangan non-pelanggan. Tujuan penelitian ingin mengetahui aspek peran serta masyarakat terhadap pengolahan limbah di Waduk Setiabudi.

Tabel. 4.14. Jumlah Responden Pelanggan dan Nonpelanggan IPAL Waduk Setiabudi

No	Keterangan	Responden		Jumlah total	%
		Pelanggan	Non-pelanggan		
1	Jumlah kuesioner yang disebar	270	270	540	100
2	Responden menjawab kuesioner	126	126	252	46,67
3	Responden yang tidak menjawab	35	35	70	12,96
4	Kondisi rumah menjadi gudang, nama pelanggan tidak ditemukan	10	10	20	3,7
5	Rumah berubah fungsi menjadi kontrakan	5	5	10	1,58
6	Alamat tidak jelas, hambatan teknis	94	94	188	34,82
Jumlah Total		270	270	540	100%

Diolah dari data survey 2007 dalam Putera, 2008

Tabel. 4.15. Pengetahuan Responden tentang Perusahaan Pengolah Air Limbah PD. PAL Jaya

No	Pertanyaan	Keterangan	Jenis responden	
			Non pelanggan	pelanggan
1	Pengetahuan tentang Perusahaan Pengolah Air Limbah	Tidak tahu	32 (25,39%)	12 (9,52%)
		Tahu	94 (74,60%)	114 (90,47%)
2	Pengetahuan tentang Nama PD. PAL Jaya	Tidak tahu	44 (34,92%)	16 (12,69%)
		Tahu	82 (65,07%)	110 (87,30%)
3	Pengetahuan tentang Letak PD. PAL Jaya	Tidak tahu	58 (46,03%)	19 (15,07%)
		Tahu	68 (53,96%)	107 (84,92%)
4	Pengetahuan tentang Manfaat Upaya Pengolahan Limbah	Tidak tahu	97 (76,98%)	58 (46,03%)
		Tahu	29 (23,01)	68 (53,96%)
5	Pendapat Upaya Mengolah Air Limbah	Penting	72 (57,14%)	114 (90,47%)
		Tidak Penting	54 (42,85%)	12 (9,52%)

Berdasarkan survey dari responden yang menjawab pertanyaan, 126 responden non-pelanggan didapati sebanyak 32 (25,39%) respondennya tidak tahu perusahaan pengolah air limbah (Tabel 4.15.), sedangkan dari 126 responden pelanggan yang tidak mengetahui sebanyak 12 responden (9,52%). Pengetahuan responden terhadap nama perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya, didapati sebanyak 44 (34,92%) responden non-pelanggan tidak mengetahui. Responden pelanggan sebanyak 110 responden setara dengan (87,30%) lebih banyak mengetahui nama perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya. Pengetahuan

tentang perusahaan pengolah air limbah menjadi penting untuk membantu masyarakat mengolah air limbahnya serta menjaga pencemaran yang tidak terkontrol.

Pengetahuan responden tentang letak perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya, didapati sebanyak 68 (53,96%) responden non-pelanggan mengetahui dan yang tidak mengetahui lebih kecil 58 (46,03%) responden. Responden pelanggan lebih banyak yang mengetahui nama perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya sebesar 107 (84,92%) dari pada pelanggan yang tidak tahu 19 (15,07%). Sebanyak 97 responden non-pelanggan (76,98%) tidak mengetahui manfaat dari upaya pengolahan limbah namun sebanyak 68 responden pelanggan (53,96%) mengetahui manfaat dari upaya mengolah air limbah. Kedua kelompok responden menyetujui bahwa upaya mengolah air limbah penting hal ini ditunjukkan dari 72 responden non-pelanggan (57,14%) dan 114 responden pelanggan (90,47%) menyatakan penting mengolah limbah.

Merujuk penelitian Pujiani (2004) tentang pemanfaatan air limbah, masyarakat menganggap bahwa air kotor dari rumah tangga dapat digunakan kembali (94,29%), namun hanya 2,86% yang mau memanfaatkannya. Walaupun mengetahui air limbah dapat dimanfaatkan tetapi rasa khawatir terhadap terganggunya kesehatan menyebabkan untuk menghindari penggunaannya. Warga juga tidak memilih penggunaan air kotor untuk menyiram tanaman, sebanyak 94,29% tidak memilih air kotor untuk menyiram tanaman dan sebesar 97,14% tidak mau menggunakan air kotor yang berasal dari tangki septik untuk menyiram tanaman. Responden tidak menghendaki air kotor yang telah diolah untuk konsumsi makan dan minum. Perasaan yang tidak aman ketika warga menggunakan air yang berasal dari air kotor. Responden lebih suka memanfaatkan air kotor yang telah diolah sebagai air penggelontor WC (85,71%) dan menyiram (85,71%).

Putera (2008) menyebutkan bahwa aspek peran serta masyarakat tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pemanfaatan aset IPAL

Setiabudi. Aspek peran masyarakat yang diteliti meliputi pengetahuan mengenai perusahaan, nama perusahaan, letak, pendapat tentang pemanfaatan air limbah, pendapat tentang upaya mengolah air limbah, pendapat tentang biaya penyambungan, dan tarif per bulan. Rendahnya pengaruh peran serta masyarakat disebabkan oleh rendahnya pengetahuan terhadap keberadaan, manfaat dan upaya pengolahan air limbah dari sekelompok masyarakat yang diteliti.

Pengetahuan tentang keberadaan perusahaan pengolah air limbah menentukan kesadaran dari kedua kelompok responden baik pelanggan dan non-pelanggan. Diperlukan upaya tentang sosialisasi terutama kepada pelanggan dan non pelanggan di daerah layanan agar PD. PAL Jaya lebih dikenal. Rendahnya pengetahuan masyarakat terhadap keberadaan PD. PAL Jaya akan mempengaruhi banyaknya pelanggan. Semakin dikenal maka pelanggan akan meningkat terlebih diikuti dengan kinerja dan pelayanan yang baik. Menurut Putera, 2008 rendahnya pengetahuan terhadap PD. PAL Jaya mengindikasikan kurangnya dukungan Pemda DKI Jakarta. Rendahnya peran serta masyarakat menunjukkan sosialisasi yang tidak menyentuh ke warga yang tinggal di daerah layanan. PD. PAL Jaya dapat melakukan upaya mengenalkan dan menyadarkan pentingnya mengolah air limbah dan pola hidup sehat. Selain itu pendekatan dengan penegakan hukum juga akan mendukung langkah sosialisasi kepada masyarakat.

Berdasarkan pengamatan, pengaruh sosial dari keberadaan Waduk Setiabudi adalah akibat lemahnya pengamanan dan sterilisasi kawasan. Waduk Setiabudi menjadi kawasan terbuka karena tidak dipagari secara menyeluruh, sehingga orang yang tidak berkepentingan dapat keluar masuk. Pengamanan waduk yang lemah mengakibatkan kawasan ini menjadi berkumpulnya pekerja seks komersil pada malam hari. Keberadaan PSK telah meresahkan warga Kelurahan Guntur yang berbatasan langsung dengan Waduk Setiabudi. Selain itu, bau yang tidak sedap kerap tercium dan busa aerator dari Waduk Setiabudi terbang tertiuip angin.

c. Aspek Sanitasi dan Lingkungan

Teknologi DHS telah menunjukkan kemampuannya menyisihkan berbagai pencemar hingga memenuhi sebagian besar parameter air baku sesuai baku mutu air minum. Teknologi DHS mampu menghasilkan kualitas air olahan yang cukup baik dan tidak mencemari lingkungan. Langkah penting selanjutnya adalah meninjau aspek sanitasi dan lingkungan dari teknologi ini. Aspek sanitasi lingkungan menjadi bagian penting dalam pembangunan berkelanjutan dari pembangunan suatu instalasi pengolahan air limbah. Keberadaan DHS dianalisa tidak menyebabkan degradasi lingkungan serta dapat mengantisipasi langkah-langkah pemantauan dan pengelolaan dampaknya.

Air limbah yang tidak diolah akan merugikan kesehatan tetapi air limbah yang diolah adalah salah satu strategi mengendalikan resiko terhadap kesehatan manusia. Tujuan utama mengolah air limbah dengan teknologi DHS adalah untuk mengolahnya ke tingkat kemurnian yang dapat diterima atau dikembalikan ke lingkungan atau penggunaan segera (Spellman, 2003). Kualitas air yang telah memenuhi baku mutu air limbah dan baku mutu air minum akan memperbaiki kualitas lingkungan serta meningkatkan kualitas kesehatan warga DKI Jakarta.

Upaya mengolah air limbah menjadi bagian dari pola hidup bersih dan sehat yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas hidup, dan produktivitas manusia. Kesehatan berkaitan erat dengan sanitasi dan perilaku di mana manusia tinggal, dan sanitasi menjadi usaha membina kesehatan masyarakat yang baik. Menurut Ehler dan Steel (1969) dalam Trimulyaningsih (2005), sanitasi menjadi upaya pencegahan penyakit melalui pengendalian faktor lingkungan yang menjadi rantai penularan penyakit. Menurut Dainur 1995 dalam Dadi 1997 lingkungan merupakan salah satu faktor yang sangat berperan dalam riwayat timbulnya penyakit. Sanitasi lingkungan sangat berperan dalam tiap upaya kesehatan, baik secara individual maupun secara berkelompok dalam masyarakat.

Sanitasi tidak dapat dipisahkan antara manusia, air bersih serta pengelolaan air limbah. Kondisi sanitasi yang buruk akan mengakibatkan kontaminasi air

permukaan dan air tanah secara luas. Tingkat kesehatan lingkungan dapat diukur di antaranya dengan parameter penyediaan air bersih terlindung, saluran air limbah yang memenuhi syarat kesehatan, dan cara pembuangan kotoran manusia yang sehat. Suskesnas, 2002 dalam Putri, 2008 mensyaratkan sanitasi dasar yang berkaitan dengan masalah kesehatan meliputi penyediaan air, jamban, pembuangan air limbah, dan pengelolaan sampah rumah tangga. Tatanan hidup sehat menjadikan air bersih dan sarana WC sebagai indikator lingkungan dengan perilaku hidup bersih dan sehat.

Karakteristik sanitasi lingkungan meliputi sumber air utama dan jenis kakus yang diindikasikan memberikan pengaruh terhadap kematian anak. Daerah dengan sumber air dan jenis kakus yang semakin baik memiliki angka kematian yang rendah. Karakteristik sanitasi lingkungan seperti jenis kakus yang dipergunakan rumah tangga, menunjukkan pola hubungan yang konsisten terhadap semua umur kematian anak. Anak yang berasal dari rumah tangga dengan jenis kakus yang baik memiliki angka kematian yang lebih rendah daripada anak-anak dari rumah tangga dengan jenis kakus lainnya. Berdasarkan analisis inferensial, karakteristik sanitasi lingkungan memiliki pengaruh yang beragam terhadap berbagai kelompok kematian anak. Status keberadaan sumber air dan jarak dengan rembesan kotoran terdekat menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kematian anak (Dadi, 1997). Dekatnya jarak tangki septik dengan sumber air bersih (sumur) sering diabaikan oleh warga Jakarta. Pencemaran air minum oleh air limbah serta kotoran manusia, yang mengandung *fecal coliform* menimbulkan penyakit dan dapat menyebabkan menyebarkan wabah dalam waktu singkat.

Bakteri *fecal coliform* dapat menyebabkan diare, dan keberadaan bakteri ini mengindikasikan masalah dalam sanitasi lingkungan. Ditemukan sebanyak 3×10^{11} (300 milyar) *E. coli* dalam tinja seberat 100-150 gram, sehingga dihubungkan dengan terjadinya kontaminasi oleh fekal (Suriawiria, 1993). Bakteri *E. coli*, adalah bakteri komensal pada usus manusia dan dikeluarkan bersama tinja, yang menyebabkan masalah kesehatan seperti diare, muntaber serta masalah pencernaan lainnya. Bakteri *E. coli* memiliki ratusan strain, tetapi hanya sebagian

kecil bersifat patogen, misalnya strain O157:H7. Keberadaan *E. coli* dalam air dianggap memiliki korelasi tinggi dengan ditemukannya patogen lain pada air tersebut. Diare menjadi indikasi yang mudah untuk menunjukkan masalah sanitasi tercemari bakteri *coliform*, dan kontaminasinya berbeda dengan kontaminasi kimia yang akan memakan waktu lama.

Tahun 2008 ditemukan kasus diare (3.975 jiwa) di Kecamatan Tebet (Tabel 4.16.) sebagai kecamatan terpadat di Jakarta Selatan (273,38 jiwa/hektar). Diare terbanyak terjadi di Kelurahan Bukit Duri (1.050 jiwa) dengan kepadatan (390 jiwa/hektar), dan yang paling sedikit di Kelurahan Kebon Baru (277 jiwa) dengan kepadatan (284,03 jiwa/hektar). Walaupun Kelurahan Manggarai Selatan termasuk kawasan yang paling padat (551,51 jiwa/hektar) ternyata bukan daerah yang paling banyak menderita penyakit diare. Penderita diare di Manggarai Selatan (306 jiwa) masih berada di bawah rata-rata Jakarta Selatan (567,85 jiwa).

Tabel. 4.16. Kepadatan dan Jumlah Penderita Diare di Kecamatan Tebet

No.	Kelurahan	Kepadatan (jiwa/ha)	Jumlah Penderita Diare (jiwa)
1.	Menteng Dalam	148,39	718
2.	Tebet Barat	189,34	335
3.	Tebet Timur	193,93	480
4.	Kebon Baru	284,03	277
5.	Bukit Duri	390,00	1050
6.	Manggarai Selatan	551,51	306
7.	Manggarai	358,68	809
Rata-rata		250,77	567
		Jumlah	3.975

Data Puskesmas Kecamatan Tebet dalam Kosasih *et al.*, 2009 (diolah)

Kawasan dengan penduduk padat, menanggung resiko diare jika memanfaatkan air sumur yang tercemar dari kontaminasi air limbah serta buruknya sanitasi. Gelbard, Haub, dan Kent 1999 dalam Dadi, 1997 mengatakan bahwa perubahan dalam ukuran-ukuran kependudukan merupakan *multiplier effect* dari faktor lain yang mempengaruhi lingkungan, dan perilaku buruk mengakibatkan perubahan ekosistem serta timbulnya sejumlah masalah sanitasi. Jumlah penduduk yang besar memberikan tekanan terhadap sanitasi lingkungan akibat dari tingginya tingkat konsumsi barang, baik yang *renewable* dan *non-renewable*.

Tercemarnya air tanah oleh bakteri *coliform* disebabkan dekatnya jarak tangki septik, dan aliran air dalam tanah turut membantu penyebarannya. Laporan BPLHD (2008) (Tabel 4.17.), di Jakarta jarak sumur dengan tangki septik di bawah 10 meter sebanyak 30 sumur (40%), diatas 10 meter ada 26 sumur (35%) dan sebanyak 17 sumur (23%) tidak diperoleh keterangan. Sedangkan penelitian Kosasih (2009) di daerah Tebet, didapati sebanyak 52% jarak tangki septik terhadap sumur air tanah kurang dari 10 m dan 80% sumur air tanah pada memiliki kedalaman sumur lebih dari 10 m. Sebanyak 52% air tanah di Kecamatan Tebet mengandung bakteri *E. coli* yang tidak memenuhi Keputusan Menteri Kesehatan RI NO. 416/MENKES/PER/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih dan air minum.

Tabel 4. 17. Jarak Sumur dengan Tangki Septik Di DKI Jakarta Tahun 2007-2008 (BPLHD, 2008)

Wilayah	Jarak < 10 m		Jarak > 10 m		Tidak Ada Keterangan		Kandungan <i>Fecal coliform</i> colony/100 ml
	Jumlah Sumur	%	Jumlah Sumur	%	Jumlah Sumur	%	
Jakarta Pusat	3	27%	3	27%	5	45%	35.259
Jakarta Selatan	5	29%	9	53%	3	18%	30.487
Jakarta Barat	7	47%	5	33%	3	20%	111.260
Jakarta Timur	8	47%	6	35%	3	18%	2.242
Jakarta Utara	7	47%	3	20%	3	20%	554.381
Jumlah Total	30	40%	26	35%	17	23%	Rerata: 146.726

Bakteri *E. Coli* dalam tinja akan disebar searah dengan aliran air (Tabel 4.17.), menuju daerah yang lebih rendah. Semakin banyak manusia yang membuang tinja ke dalam tangki septik, semakin banyak pula bakteri *E. Coli* mencemari air tanah. Selain itu, padatnya penduduk akan memicu penggunaan toilet dan akan meningkatkan pembangunan sarana kebersihan tangki septik. Padatnya penduduk menunjukkan terbatasnya lahan yang akan mengakibatkan dekatnya letak sumber air tanah dengan tangki septik. Wilayah Jakarta Selatan memiliki rata-rata kandungan bakteri *Fecal coliform* (30.487 koloni/100 ml) di bawah rata-rata air sumur di DKI Jakarta (146.726 koloni/100 ml). Jakarta Utara, sebagai daerah hilir memiliki kandungan bakteri *fecal coliform* (554.381 koloni/100 ml) jauh melebihi rata-rata (146.726 koloni/100 ml). Salah satu faktor penyebabnya adalah arah

Universitas Indonesia

aliran air tanah di Jakarta yang menuju ke arah utara dan timur sehingga sebaran dan pergerakan bakteri *E. coli* akan mengikuti arah aliran air tersebut (Kosasih, 2009).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2916-1992 tentang Spesifikasi Sumur Gali untuk Sumber Air Bersih, bahwa jarak horizontal sumur ke arah hulu dari aliran air tanah atau sumber pengotoran (bidang resapan/tangki septik) lebih dari 11 meter, sedangkan jarak sumur untuk komunal terhadap perumahan adalah lebih dari 50 meter. Jarak aman antara lubang kakus dengan sumber air minum dipengaruhi topografi tanah, hidrologi, meteorologi, jenis mikroorganisme, budaya, kedalaman dan intensitas pemompaan. Jarak aman antara tangki septik dan sumur menjadi sulit karena pertambahan jumlah penduduk, kondisi ini diperparah dengan penyedotan tangki septik yang tidak dilakukan rutin dan berkala minimal sekali dalam setahun. Dekatnya jarak tangki septik dengan sumber air mempercepat pencemaran *fecal coliform* yang akan meningkatkan resiko diare. Penyaluran air kotor ke IPAL Waduk Setiabudi diharapkan mampu mengurangi penyakit yang berhubungan dengan sanitasi, karena tidak tercemari oleh air kotor dari tangki septik.

Air tanah yang telah terkontaminasi tidak dapat bersih dengan sendirinya sebagaimana dilakukan limbah biodegradable di air permukaan (Miller, 2007) (Hill, 2004). Air tanah mengalir sangat lambat (biasanya 0,3 m/hari) (Sugiharto, 1987), kontaminan tersebut tidak larut dan disebar dengan efektif. Air tanah memiliki konsentrasi oksigen terlarut dan bakteri dekomposer yang rendah, temperatur yang rendah dari air tanah memperlambat reaksi kimia yang mendekomposisi limbah. Air tanah hanya memiliki sedikit mikroba untuk mencerna polutan organik, kurang oksigen, tidak ada matahari, dan tidak ada permukaan untuk penguapan polutan organik (Hill, 2004). Akibatnya, memerlukan waktu seribu tahun bagi air yang terkontaminasi untuk membersihkan limbah *degradable*-nya sendiri. Bagi skala waktu manusia limbah *nondegradable*, seperti racun timbal, arsenik, dan fluorida bersifat permanen, dan

slowly degradable wastes, seperti DDT memakan waktu puluhan tahun (Miller, 2007).

Berdasarkan pertimbangan yang telah disebutkan maka penting untuk mengolah air limbah untuk menjaga kualitas sanitasi lingkungan sebelum dibuang ke badan air. Air limbah yang dibiarkan dalam tanah akan tetap mengandung resiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Mengolah air limbah meringankan beban lingkungan akibat aktivitas manusia, meningkatkan kualitas lingkungan dan melindungi biota akuatik dari kemusnahan. Kemusnahan biota akuatik akan mempengaruhi biota lainnya serta habitat manusia, keadaan ini terus berlanjut dengan kondisi yang berbeda, dan tapak ekologi semakin melebar secara eksponensial meliputi seluruh dunia (Miller, 2007). Biologist menduga aktivitas manusia telah menyebabkan *premature extinction* (kemusnahan awal) bentuk kehidupan atau spesies di Bumi, dengan laju eksponensial antara 0,1-1% per tahun. Kondisi kehilangan spesies, keberagaman, dan habitat ini bersifat ireversibel (tidak dapat kembali). Sesungguhnya, keberagaman biota memberikan manfaat yang besar antara lain merupakan sumber kehidupan, penghidupan dan kelangsungan hidup manusia karena sebagai sumber pangan, papan, sandang, obat-obatan dan lainnya. Keanekaragaman yang tinggi akan menghasilkan kestabilan lingkungan yang mantap.

Upaya melestarikan fungsi air dengan melakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis. Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air diselenggarakan secara terpadu dengan pendekatan ekosistem. Pengelolaan kualitas air dilakukan untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air.

d. Aspek Ekonomi Pengolahan Air Limbah

Pencemaran air akan mengakibatkan kerusakan lingkungan, semakin besar volume pencemar semakin besar kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan memicu kerugian lanjutan yang akhirnya akan berdampak terhadap manusia. Kerusakan lingkungan akan membutuhkan biaya penanggulangan secara langsung dan tidak langsung yang semakin besar ketika tidak ada upaya untuk mereduksi pencemar.

Air limbah yang seringkali dianggap masalah setelah diolah akan memberikan banyak manfaat. Pemanfaatan dan mengolah kembali (*recycling*) air limbah menjadi strategi efektif untuk pengembangan sumberdaya air secara berkelanjutan, upaya konservasi nutrien serta melindungi lingkungan (Mara dan Horan, 2003). Reklamasi air limbah menjadi isu utama menghadapi kebutuhan air dan pertumbuhan penduduk. Air olahan tidak dibuang, tetapi digunakan kembali untuk *comercial washing*, air mancur, pemadam kebakaran, irigasi sekolah golf, lahan basah buatan, pengisian kembali air tanah, irigasi pertanian.

Pengisian kembali air tanah (*recharge*) menjadi penting di DKI Jakarta karena telah terjadi penurunan muka air tanah seperti di daerah Monas. Kecepatan penurunan mencapai 0.94 meter/tahun sedangkan di Cilandak mencapai 2.64 meter/tahun (BPLHD, 2008). Pengisian air tanah mampu mengisi rongga tanah sehingga memiliki kemampuan menahan beban di atasnya dan menghindari penurunan tanah. Pengisian kembali air tanah mampu meminimalisasi kerugian ekonomi akibat pergeseran permukaan tanah. Selain itu, pemanfaatan air limbah akan mengurangi jumlah air yang dialirkan menuju lautan serta kumulasi pencemaran di pesisir.

Chinn, 2009 dalam Nemerow, *et al.* 2009 menekankan pentingnya perbedaan antara penggunaan langsung dan tidak langsung dari pemanfaatan kembali air limbah. Air limbah yang ingin digunakan secara langsung, diberikan berbagai perlakuan dan bahan kimia tambahan, seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi tergantung dari peruntukan airnya. Air limbah untuk penggunaan langsung dapat

dimanfaatkan kembali untuk non-konsumsi, seperti peruntukan air pendingin industri, irigasi pertanian, pengisian air tanah, reklamasi gurun, dan perikanan, irigasi taman.

Penggunaan tak langsung air limbah yang diolah, setelah mendapatkan beragam tingkat perlakuan sebelum dialirkan ke air permukaan atau akuifer tanah, mendapatkan pelarutan, melalui waktu detensi, mungkin dapat dijadikan sumber air minum. Jika ingin dikonsumsi, air limbah untuk penggunaan tak langsung harus hati-hati terhadap dampak yang dapat ditimbulkannya, diperlukan kajian yang mendalam terlebih dahulu sebelum dinyatakan aman untuk dikonsumsi, Dampak jangka panjang dari konsumsi air ini belum difahami sepenuhnya saat ini, dan belum ada teknologi untuk menyisihkan semua kontaminannya. Penggunaan langsung dan tidak langsung air olahan telah terbukti memberikan banyak manfaat ekonomi. Manfaat ekonomi tersebut dapat dihitung sehingga dapat diperkirakan besarnya manfaat teknologi DHS.

Tabel 4.18. Pendapatan PD. PAL Jaya, 2009 (Laporan Tahun PD. PAL Jaya, 2009)

Uraian	Realisasi (Rp)	%
PENDAPATAN		
Pendapatan Usaha Pokok	28.674.678.488	90,53
Pendapatan Usaha Sampingan	1.271.707.050	4,01
Lain-lain	1.727.276.291	5,46
TOTAL	31.673.661.829	100
BIAYA USAHA		
Harga Pokok Pengolahan (HPP)	8.981.886.532	47,34
Beban Operasional/ marketing	797.241.241	4,20
Beban umum & Administrasi	7.816.782.773	41,19
Penyusutan	590.031.634	3,10
Amortisasi Pipa Asesoris	219.796.131	1,15
Biaya tak Terduga	567.160.905	2,98
TOTAL	18.972.899.216	100
LABA USAHA	12.700.762.613	66,94

Laporan keuangan PD. PAL Jaya (2009) (Tabel 4.18.), menunjukkan bahwa pendapatan usaha pokok (Rp. 28.674.678.488) menyumbang pemasukan terbesar (90,53%). Pendapatan usaha pokok berasal dari pelanggan rumah tangga

menyumbang (0,75%) dan pelanggan non rumah tangga menyumbang (99,25%) di tahun 2006. Sektor rumah tangga hanya menyumbang sedikit terhadap harga pokok pengolahan (HPP) dibandingkan sektor non-rumah tangga. Pertumbuhan jumlah pelanggan hanya berkisar 3,21% untuk sektor rumah tangga dan 4,86% untuk sektor komersil, sedangkan potensi pelanggan masih sangat besar sebanyak 57.563 rumah tangga belum menjadi pelanggan PD. PAL Jaya (PD. PAL Jaya 2006 dalam Putera 2006).

Biaya operasional dihitung berdasarkan pemakaian peralatan listrik per unit DHS.

1. Pompa yang beroperasi 7 jam/hari dengan kemampuan pompa 500 liter/menit akan membutuhkan 5 unit pompa ($5 \text{ unit pompa} \times 1.805 \text{ Watt} = 9.025 \text{ Watt}$).
2. Waktu operasi 7 jam $\times 9.025 \text{ Watt} = 63.175 \text{ watt} = 63,175 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 915/\text{kWh} \times 30 \text{ hari} = \text{Rp. } 1.734.153/\text{bulan}$ (TDL tarif industri 2010 Permen ESDM No. 7 Tahun 2010).
3. Biaya produksi setiap kubik air $= \text{Rp. } 1.734.153/30.000 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 50,87/\text{m}^3$.

Keuntungan penjualan air olahan dengan teknologi DHS:

Debit air Waduk Setiabudi sebesar 2.534.976 l/hari (29,34 l/detik), sedangkan Waduk Setiabudi Barat 120,27 l/detik. Air Waduk Setiabudi Timur dialiri sebesar 19,61% dari total air yang masuk ke waduk.

1. Harga pengolahan pokok $\text{Rp. } 8.981.886.532/\text{tahun} / 365 \text{ (hari/tahun)} = \text{Rp. } 24.607.908/\text{hari} \times 19,61\% = \text{Rp. } 4.825.610/\text{hari}$.
2. Harga air limbah yang masuk ke Waduk Setiabudi Timur $\text{Rp. } 4.825.610/(\text{hari}) / 2.534.976 \text{ (l/hari)} = \text{Rp. } 1,9/\text{l}$ (Tabel. 4.20.).
3. Harga air limbah yang diolah oleh sistem DHS 1.000 m^3 adalah $\text{Rp. } 1.900.000/\text{hari}$.
4. Sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 11 Tahun 2007 Tanggal 15 Januari 2007 tarif air termurah Kelompok Pelanggan 1 dengan pemakaian 20 m^3 dibebankan tarif air sebesar $\text{Rp. } 1.050/\text{m}^3$.
5. Diasumsikan harga air $\text{Rp. } 500/\text{m}^3$, maka setiap tahunnya (365 hari) dengan kapasitas $1.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ akan menghasilkan $\text{Rp. } 128.500.000/\text{tahun}$ dengan tarif air $\text{Rp. } 500/\text{m}^3$.

Pengkajian ekonomi untuk mengetahui kegiatan implementasi mekanisme pembangunan berkelanjutan dikatakan layak atau tidak dengan menggunakan perhitungan BCR (*benefit cost ratio*), IRR (*internal rate of return*), NPV (*net present value*) dan periode pengembalian modal (*pay back periode*) (Tabel. 4.19).

Pendapatan kotor bisnis teknologi DHS sebesar Rp. 1,135 milyar sedangkan biaya Rp. 760 juta dalam kurun waktu 10 tahun. BCR sebagai perbandingan keuntungan (*benefit*) dengan biaya (*cost*), jika bernilai lebih dari 1 maka pembangunan DHS akan menguntungkan. Nilai BCR teknologi DHS sebesar 1,5 akan menguntungkan jika dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan.

$$\text{BCR teknologi DHS} = \frac{\text{Pendapatan kotor bisnis}}{\text{Biaya dalam kurun n tahun}} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\text{BCR} = \frac{\text{Rp. 1.135.000.000}}{\text{Rp. 760.000.000}}$$

$$\text{BCR} = 1,5$$

NPV sebagai nilai modal sekarang didasarkan atas nilai sekarang bersih dengan nilai sekarang aliran keluar selama jangka waktu analisis (2011-2020) dengan suku bunga acuan Bank Indonesia Januari 2011 sebesar 6,5%, dengan kriteria kelayakan NPV positif. Metode NPV merupakan metode yang memperhatikan nilai waktu dari uang, dan diperoleh nilai NPV. NPV teknologi DHS bernilai positif sebesar Rp. 12.988.810 dengan kurun waktu 10 tahun dan modal awal Rp. 400 juta, berarti proyek diterima.

$$\text{NPV teknologi DHS} = \sum \frac{(B_t - C_t)}{(1 - i)^t} - K_0 \dots \dots \dots (4.2)$$

B_t = Benefit tahun ke t

C_t = Cost tahun ke t

i = interest rate yang ditentukan

Tabel 4.19. Perhitungan NPV, IRR dan Pay Back Period IPAL DHS Waduk Setiabudi 2011-2020

	Tahun										Total
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Potensi menyisihkan pencemar Air Limbah	0	383.980	345.582	311.023	279.920	251.927	226.734	204.060	183.653	165.287	2.352.166
Pendapatan Bisnis											
Penjualan Air Baku	0	182,5	164,25	147,82	133,04	119,74	107,8	97,02	87,32	78,59	1118,08
Pendapatan	0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	17,1
Pengelolaan air limbah	0	184,4	166,15	149,72	134,94	121,64	109,7	98,92	89,22	80,49	1.135,18
Kotor Bisnis	0	184,4	166,15	149,72	134,94	121,64	109,7	98,92	89,22	80,49	1.135,18
Biaya Bisnis											
Biaya operasional	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360
Biaya Depresiasi	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
DHS	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	480
Total Biaya Bisnis	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	960
Pendapatan Bersih Bisnis	0	102,5	88,15	67,1	54,1	48,1	38,1	28,1	18,1	8,1	1058,9
Arus Kas	400	144,4	126,15	109,72	94,94	81,64	69,7	58,92	49,22	40,49	775,18
Arus kas kumulatif	400	355,6	229,45	119,73	24,79	106,43	176,13	235,05	284,27	324,76	

IRR sebesar 7,81%

Pengembalian modal kegiatan pada tahun 2020 sebesar Rp. 324.760.000

Tabel 4.20. Asumsi Pengkajian Ekonomi Kegiatan Pengolahan Air Limbah Di Waduk Setiabudi

Keterangan	Satuan	Nilai
Harga Pengolahan Air IPAL Setiabudi	Rupiah/liter	1,9
Jumlah Air Olahan DHS	m ³	1.000
<i>pay back period</i>	Tahun	6
Harga jual Air Olahan DHS	Rupiah/m ³	500
Depresiasi	juta/tahun	10
Investasi Awal Konstruksi	Rupiah	400.000.000

Metode periode pengembalian (*pay back period*), metode ini menilai proyek investasi dengan dasar lamanya investasi dapat tertutupi dengan aliran kas masuk. Metode *pay back period* tidak memasukkan faktor bunga ke dalam perhitungannya. Investasi awal konstruksi DHS diperkirakan memakan biaya Rp. 400 juta, pada tahun ke enam, proyek sudah mampu membayar kembali investasi karena keuntungan bersih (kumulatif) telah mencapai nilai (positif) Rp. 106,43 juta.

IRR sebagai nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang berlaku umum (*BI rate*), dengan syarat kelayakan $IRR >$ suku bunga acuan (bernilai positif). Metode periode pengembalian modal (*pay back period*) menganalisis seberapa cepat modal atau investasi yang telah dikeluarkan dapat segera dikembalikan, dengan kriteria kelayakan yaitu semakin cepat pengembalian maka investasi akan baik. IRR menunjukkan prediksi tingkat pengembalian modal dari kegiatan dan bila nilai NPV positif maka IRR pasti lebih tinggi daripada modal, oleh karena itu proyek tersebut menguntungkan dan layak.

IRR (*Internal Rate of Return*) dipergunakan untuk mengetahui tingkat bunga untuk mendapatkan NPV sebesar nol. Sehingga dengan mengetahui tingkat bunga saat ini dan juga kecenderungannya di masa mendatang maka dapat diambil keputusan untuk mengimplementasi suatu kegiatan. Besarnya IRR harus lebih besar dari tingkat bunga yang digunakan saat ini. Apabila IRR lebih rendah maka dapat dikatakan bahwa biaya pelaksanaan lebih menguntungkan bila diinvestasikan ditempat lain untuk kegiatan yang lain. IRR sebesar 7,81% dengan

tingkat suku bunga 6,5%, artinya pembangunan unit DHS menguntungkan. Berdasarkan penilaian NPV, IRR, *pay back period* teknologi DHS layak dibangun dengan ketentuan yang telah disebutkan sebelumnya.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Kandungan pencemar air Waduk Setiabudi yang lebih tinggi dari pada air kanal banjir barat adalah COD 69,08 mg/l > COD 45,17 mg/l; zat organik 72,05 mg/l > 25,37 mg/l; MBAS 0,46 mg/l > 0,14 mg/l. Tingginya kandungan pencemar di Waduk Setiabudi dibandingkan air kanal banjir barat, menunjukkan belum optimumnya pengolahan air limbah dengan teknologi kolam aerasi. Sedangkan kandungan air Waduk Setiabudi yang lebih kecil dari pada air banjir kanal barat adalah BOD 25,66 mg/l < 33,06 mg/l; zat padat tersuspensi 33,11 mg/l < 134,63 mg/l; NH₄-N 1,62 mg/l < 3,61 mg/l; dan minyak-lemak 0,18 mg/l < 0,21 mg/l.

Kandungan bakteri *coliform* air sumur dari Kecamatan Setiabudi (593 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (308 koloni/100 ml) yang berada di hilir lebih tercemar dari pada air sumur di Kecamatan Tebet (83 koloni/100 ml) dan *fecal coliform* (28 koloni/100 ml) yang berada di hulu.

2. Kualitas Air Olahan

Teknologi kolam aerasi yang digunakan di Waduk Setiabudi, teknologi gabungan UASB-DHS, dan DHS telah menunjukkan kemampuannya menyisihkan pencemar. Teknologi gabungan UASB-DHS menghasilkan air olahan yang lebih baik dibandingkan teknologi tunggal DHS. Teknologi gabungan UASB-DHS mampu menyisihkan pencemar air limbah hingga 25 dari 30 parameter air, masuk ke dalam air baku air minum. Teknologi tunggal DHS memiliki kemampuan lebih rendah yaitu 23 dari 30 parameter masuk ke dalam baku mutu air minum.

Teknologi DHS dengan HRT 6 jam mampu menyisihkan kandungan COD-total tertinggi (93,92%) diikuti dengan teknologi gabungan UASB-DHS (90,21%). Penyisihan COD-*soluble* tertinggi oleh teknologi tunggal DHS

(HRT 10 jam) (82,77%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (79,90%). Penyisihan $\text{NH}_4\text{-N}$ tertinggi oleh teknologi tunggal DHS (HRT 6 jam) (97,75%) diikuti dengan teknologi tunggal DHS (HRT 10 jam) (95,79%).

Teknologi kolam aerasi mampu menyisihkan kandungan *Fecal coliform colony* hingga 99,06% merupakan tertinggi diikuti teknologi UASB sebesar 33,33%. Sistem Waduk Setiabudi yang terbuka memungkinkan pengenceran oleh drainase kota, menjadikan kandungan *Fecal coliform colony* lebih rendah dari teknologi lainnya.

Produksi gas metana teknologi UASB hanya sebesar 4,1%, sedangkan untuk menjadi bahan bakar yang baik harus di atas 50%. Rendahnya kinerja UASB diduga diakibatkan banyaknya zat toksikan yang menghambat kerja bakteri metanogen. Rendahnya kandungan gas metana menunjukkan teknologi UASB tidak layak dimanfaatkan di Waduk Setiabudi sebagai teknologi alternatif yang dapat mengolah air limbah serta memanfaatkan energinya.

3. Aspek yang memiliki pengaruh terhadap teknologi DHS dalam mengolah air limbah Waduk Setiabudi.

a. Aspek Teknologi Pengolahan Air Limbah DHS

Diperlukan 80 unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³/hari untuk melayani penduduk di dua Kecamatan Tebet dan Setiabudi, dan akan membutuhkan lahan seluas 16.000 m² (± 200 m² per unit DHS). Unit DHS dengan kapasitas 1.000 m³ dengan penggunaan lahan 200 m² dapat melayani 5.000 orang tanpa mengubah penggunaan teknologi kolam aerasi yang di gunakan PD. PAL Jaya.

b. Aspek Sosial Pengolahan air Limbah DHS

Pengetahuan responden tentang letak perusahaan pengolah air limbah PD. PAL Jaya, didapati sebanyak 68 (53,96%) responden non-pelanggan mengetahui dan yang tidak mengetahui lebih kecil 58 (46,03%) responden. Responden pelanggan lebih banyak yang mengetahui nama perusahaan

pengolah air limbah PD. PAL Jaya sebesar 107 (84,92%) dari pada pelanggan yang tidak tahu 19 (15,07%). Pengetahuan responden menjadi indikasi kepedulian masyarakat terhadap keberadaan IPAL Waduk Setiabudi. Masalah lainnya adalah lemahnya pengamanan dan sterilisasi kawasan Waduk Setiabudi karena hadirnya pekerja seks komersil pada malam hari.

c. Aspek Sanitasi dan Lingkungan

Tercemarnya air tanah oleh bakteri *coliform* dapat menyebabkan diare, dekatnya sumur dengan tangki septik, dan aliran air dalam tanah turut membantu penyebarannya (Laporan BPLHD, 2008). Di Kecamatan Tebet sebagai daerah terpadat di Jakarta Selatan, sebanyak 52% jarak tangki septik terhadap sumur air tanah kurang dari 10 m dan 80% sumur air tanah pada memiliki kedalaman sumur lebih dari 10 m Kosasih (2009). Sebanyak 52% air tanah di Kecamatan Tebet mengandung bakteri *E. coli* yang tidak memenuhi Keputusan Menteri Kesehatan RI NO. 416/MENKES/PER/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih dan air minum.

d. Aspek Ekonomi Pengolahan Air Limbah DHS

Nilai BCR teknologi DHS sebesar 1,5 akan menguntungkan jika dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan. NPV teknologi DHS bernilai positif sebesar Rp. 12.988.810 dengan kurun waktu 10 tahun dan modal awal Rp. 400 juta, berarti proyek diterima. Metode periode pengembalian (*pay back period*), dengan investasi awal konstruksi DHS diperkirakan memakan biaya Rp. 400 juta/unit, pada tahun ke enam, sudah mampu membayar kembali investasi karena keuntungan bersih (kumulatif) telah mencapai nilai (positif) Rp. 106,43 juta. IRR (*Internal Rate of Return*) sebesar 7,81% dengan tingkat suku bunga 6,5%, artinya pembangunan unit DHS lebih menguntungkan. Berdasarkan penilaian NPV, IRR, *pay back period* teknologi DHS layak dibangun dengan ketentuan yang telah disebutkan sebelumnya.

Berdasarkan pertimbangan kapabilitas teknologi, lahan tersedia, sanitasi, kelayakan finansial, satu unit *pilot project* teknologi DHS sesuai untuk dibangun di Waduk Setiabudi Jakarta Selatan.

5.2. SARAN

Berdasarkan pengamatan dan penelitian maka pengolahan air limbah di Waduk Setiabudi sebaiknya memperhatikan:

1. Memisahkan antara fungsi waduk sebagai pengendali banjir dan instalasi pengolahan air limbah agar kualitas effluent air olahan lebih baik.
2. Jika tetap dipertahankan dengan fungsi ganda, maka diharapkan PD. PAL Jaya dapat mengoptimalkan kapabilitas teknologi kolam aerasi.
3. Teknologi tunggal DHS dapat diterapkan sebagai bagian instalasi pengolahan air limbah Waduk Setiabudi tanpa merubah fungsi pengendali banjir.
4. Diperlukan penelitian lanjutan yang mengkombinasikan ukuran spons yang lebih kecil dan penggunaan teknologi desinfektan untuk menghasilkan kualitas air *effluent* dengan kandungan bakteri coliform yang memenuhi baku mutu air minum.
5. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai kandungan nitrat-nitrit yang masih tinggi kandungannya pada air effluent DHS.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi offset
- Azimi, A.A., Zamanzadeh, M. (2004). *Determination of Design Criteria for UASB reactors as a wastewater Pretreatment System In Tropical Small Communities*. Int. J. Environment. Sci. Tech. Vol. 1, No. 1, pp. 51-57, Spring 2004.
- Bitton, G. (2005). *Wasted Water Microbiology* (3rd ed). New Jersey: A John Willey & Sons, Inc Publication.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Chinn, T. D. (2009). Water Supply. In Nemwerrow, N.L., Agardy, F.J., Sullivan, P., Salvato, J.A. 2009. *Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Grounwater Treatment and Remediation* (pp.1-126). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Conboy, M.J., & Goss, M.J. (2001). *Journal Water, Air, and Soil Pollution* 129: 101-118. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Cunningham. W.P., Cuningham. M.A., & Saigo. B. (2007). *Environmental Science: A Global Concern*. Ninth Ed. Boston: Penerbit Mc Graw Hill.
- Dadi. (1997). Tesis. *Pengaruh Kondisi Sanitasi Lingkungan Terhadap Kematian Anak (Analisis Data SDKI 1997)*. Program Kajian Kependudukan dan Ketenagakerjaan. Universitas Indonesia.
- Elmitwalli, T. A., Shalabi, M., Otterpohl, R. (2007). *Grey Water Treatment In UASB Reactor at ambient Temperature*. Water Science & Technology vol. 55 No. 7 pp 173-180. IWA Publishing 2007.
- Enger, D, E., Smith, F, B. (2006). *Environmental Science: A Study of Interrelationships*. Boston. MC Grawhills.
- Fang, H.H.P. 1997. *Inhibition Of Bioactivity Of UASB Biogranules By Electroplating Metals*. Pure & Applied. Chem., vo. 69. No. 11. Pp 2425-2429. IUPAC 1997
- Gerardi, M.H. (3003). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Wiley-Interscience. USA
- Harada. H. (2004, October). *Appropriate Sewage Treatment Technologyfor Developing Countries*. Paper presented at conference on public works on research and development in Asia, NILIM, Tsukuba, Japan.

Universitas Indonesia

- Hill, M.K. (2004). *Understanding Environment Pollution* (2nd ed). New York: Cambridge University Press.
- Hopp, V. *Dasar – dasar Teknologi Kimia untuk Pendidikan dan penerapan di pabrik Industri Kimia*. Jakarta: Hoechst.
- Karliansyah, M.R. (1989). *Pengaruh Sungai Ciliwung terhadap Air Sumur Pompa (Tinjauan terhadap Kandungan E. Coli Di RW 004 Kelurahan Manggarai, Tebet Jakarta Selatan)*. Universitas Indonesia. Tesis Ilmu Lingkungan.
- Katarzyna Kujawa-Roeleveld., & Zeeman, G. (2006) *Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts*. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology (Vol. 5, pp 115–139). Springer
- Kosasih, B.R., Samsuhadi, S., & Indri N. A. (2009). *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, (Vol. 5, No. 1) *Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Tebet Jakarta Selatan Ditinjau Dari Pola Sebaran Escherichia coli*.
- Laporan BPLHD DKI Jakarta tahun 2008, Indonesia
- Laporan Tahunan PD. PAL Jaya DKI Jakarta tahun 2009, Indonesia
- Machdar, I., Harada, H., Ohashi, A., Sekiguchi, Y., Okui, H., & Ueki, K. (1997). *Journal Water Science Technology A Novel and Cost-effective Sewage Treatment System Consisting of UASB Pre-Treatment and Aerobic Post-Treatment Units For Developing Countries* (Vol. 36, No. 12 pp. 189-197). IAWQ Published by Elsevier Science Ltd.
- Machdar, I., Harada, H., Ohashi, A., Sekiguchi, Y., Okui, H., & Ueki, K. (2000). *Journal Water Science Technology. Combination of a UASB Reactor and a Curtain Type DHS (Downflow Hanging Sponge) Reactor as a Cost-effective sewage treatment System for Developing Countries* (Vol. 42 No. 3-4 pp. 83-88). IWA Publishing..
- Machdar, I., Ohashi, A., & Harada, H. (2007). *Journal Water Research. Performance Comparasion of A Pilot-scale UASB and DHS System and Activated Sludge Process for The Treatment of Municipal Wastewater* (Vol. 41 pp. 2697-2705). IWA.
- Mara, D. (2003). *Domestic Wastewter Treatment In Developing Countries*. London, Sterling VA: Earthscan.
- Metcalf & Eddy, (2004). *Wastewater Engineering* (4th ed). Singapore: Mc Graw Hill Inc.
- Miller, G. T. Jr. (2007). *Living In The Environment* (15 Ed). Australia: Thompson-Brooks Cole.

- Milles, Matthew B., & Heberman, M. A. (1992). *Analisis Data Kualitatif*. Jakarta: UI Press.
- Mirsepasi, A., Honary, H.R., Mesdaghinia, A.R., Mahvi, A.H., Vahid, H., Karyab, H. (2006). *Performance Evaluating Of Full Scale UASB Reactor In Treating Stillage Wastewater*. Iran J. Environ. Health. Sci. Eng. No. 2. Pp. 79-84.
- Montgomery, W. C. (2006). *Environmental Geology*. Seventh Ed. China. Mc Graw Hills.
- Nicholas, P.C. (2002). *Handbook of Water and Wastewater Treatment and Technologies*. Pollution Engineering. United States of America: Butterworth Heinemann.
- Nidal Jawdat Al-Haj Mahmoud. (2002). Disertasi. *Anaerobic Pre-treatment of Sewage Under Low Temperature (15 °C) Conditions in an Integrated (UASB-Digester System)*
- Panca, N., Habibi, T.M.R., & Safitri, A.D. (2008). *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. Universitas Lampung.
- Pant, A., & Mittal A. K. (2007). *Disinfection of wastewater: Comparative evaluation of chlorination and DHS-biotower* (Vol. 28 No. 4 pp: 717-722). *Journal of Environmental Biology*.
- Rahayu R. N. (1996). Tesis. *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Indonesia
- Rasul, R. (2005). Tesis. *Peran Serta Masyarakat dalam Mengelola Limpasan Hujan di Kawasan Perkotaan (Studi Kasus Kelurahan Duren Sawit dan Pondok Kopi, Kotamadya Jakarta Timur)*, Universitas Indonesia.
- Said, N.I. (1999). *Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air*. Jakarta: BPPT
- Said, N.I. (2008). *Pengolahan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta: Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan*. Jakarta: BPPT
- Said, N.I. (2008). *Teknologi Pengelolaan Air Minum: Teori dan Pengalaman Praktis*. Jakarta: BPPT
- Salmin. (2005). *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan* (Oseana Vol. XXX, No. 3, pp: 21 – 26 ISSN 0216-1877).

- Santoso, S. (2009). *Panduan Lengkap Menguasai Statistik dengan SPSS 17*. Jakarta: Elexmedia komputindo Kompas Gramedia.
- Sastrawijaya, A. T. (1991). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Sawyer, C.N., & Carty. P.L. MC. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering* (3rd ed) pp: 405 – 486. Kogakusha: Mc Graw Hill Ltd.
- Shuval, H., Fattal, B. (2003). Control of Pathogenic Microorganisms in wastewater recycling and reuse in agriculture. In Mara, D., Horan, N. *Handbook of Water and Wastewater Microbiology* (pp 241-262). California: Academic Press.
- Seghezzo, L. (2004). Disertasi: *Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater in Subtropical Regions*. Wageningen: Wageningen University.
- Soeparman., & Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair :Suatu Pengantar*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Soerjani, M., Arief. Y., & Fardiaz. D. (2006). *Lingkungan Hidup: Pendidikan, Pengelolaan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta: Yayasan Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan Jakarta.
- Spellman, F.R. (2003). *Handbook of: Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Florida: Lewis Publishers.
- Sugiharto, 1987. *Dasar – dasar pengelolaan air limbah*. Jakarta: UI Press.
- Sujatini, S. (2006). Tesis. Pembangunan berkelanjutan dilihat dari aspek hidrologi: Studi kasus Bumi Serpong Damai, Tangerang Pengarang: Universitas Indonesia Program studi: Ilmu Lingkungan Tahun
- Suriawiria. U. (1993). *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Secara Biologis*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Tandukar, M., Machdar, I., Uemura, S., Ohashi, A., & Harada, H. (2005). Journal Water Science and Technology. *A Low-Cost Municipal Sewage Treatment System With A Combination of UASB and The "Fourth Generation Downflow Hanging Sponge Reactors"* (Vol. 52 No. 1-2 pp. 323-329). IWA Publishing.
- Tandukar, M., Machdar, I., Uemura, S., Ohashi, A., & Harada, H. (2006). *Potential of Combination of UASB and DHS Reactor as a Novel Sewage Treatment System for Developing Countries: Long-Term Evaluation*. (Vol 132 No. 2 pp. 166). Journal ASCE.

- Tandukar, M., Ohashi, A., & Harada, H. (2007). *Performance Comparison of a Pilot-Scale UASB and Activated Sludge Process for the treatment of Municipal Wastewater*. (Vol.41 pp. 2697-2705). Journal Water Research. IWA Publishing.
- Tandukar, M., Machdar, I., Uemura, S., Ohashi, A., & Harada, H. (2006). *Combining UASB and The "Fourth Generation" Down-flow Hanging Sponge Reactor for Municipal Wastewater Treatment* (Vol.53 No. 3 pp. 209-218). Journal Water Science and Technology. IWA Publishing.
- Tawfik, A., El-Gohary, F., Ohashi, A., & Harada, H. (2006). *The Influence of Physical-Chemical and Biological Factors on The removal of Faecal Coliform Through Down-flow Hanging Sponge (DHS) System Treating UASB reactor Effluent* (Vol. 40 pp. 1877-1883). Water Research IWA Publishing.
- Tawfik, A., Ohashi, A., & Harada, H. (2006). *Sewage Treatment in a Combined Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) - Down-flow Hanging Sponge (DHS) System* (P.210-219). Biochemical Engineering Journal.
- Tawfik, A., El-Gohary, F., Ohashi, A., & Harada, H. (2008). *Optimization of the performance of an integrated anaerobic-aerobic system for domestic wastewater treatment*. Journal Water Science & Technology, IWA Publishing.
- Trimulyaningsih.(2006). Tesis. *Pengaruh Sanitasi Lingkungan Terhadap Kejadian Diare pada Batita di Propinsi Jawa Barat Tahun 2005*. Program Pascasarjana Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.
- Uemura, S., K. Takahashi, I. Machdar, A. Ohashi & Harada. (2002). *Removal Indigenous Coliphages and Fecal Coliforms by A Novel Sewage Treatment System Consisting of UASB and DHS Units*. Journal Water Sci. Technol., 46, 303-309.
- Widiyanti N.L.T.M., Ristiati, N.P. (2004). *Analisis Kualitatif Bakteri Koliform pada Depo Air Minum Isi Ulang Di Kota Singaraja Bali*. Jurnal Ekologi Kesehatan. Vol. 3 No. 1.pp 64-73.
- World Bank. (1997). Report. *Indonesia Urban Water Supply Sector Policy Framework - EASUR*.
- www. Antara.co.id. 27/03/08 22:10. DKI Naikkan Harga Air Tanah
- www.bisnis.com Senin, 01/09/2008 20:05 WIB "Eksplorasi air tanah dalam tak terkendali"
- Kompas, 22 Maret 2003. Minim, Sarana Kebakaran di Gedung Bertingkat di Jakarta.

<http://www.suarapembaruan.com/News/2004/10/18/Kesra/kes04.htm>

http://metro.vivanews.com/news/read/135893-sampah_jadi_ancaman_bagi_ibukota_jakarta



Universitas Indonesia

Lampiran 1. Peraturan Gubernur Provinsi DKI
Jakarta

Nomor: 122 Tahun 2005

Tanggal: 19 Oktober 2005

Tentang: Baku Mutu Limbah Cair Domestik

BAKU MUTU LIMBAH CAIR DOMESTIK

PARAMETER	SATUAN	INDIVIDUAL/ RUMAH TANGGA	KOMUNAL
pH	-	6-9	6-9
KMnO ₄	mg/l	85	85
TSS	mg/l	50	50
Amoniak	mg/l	10	10
Minyak dan Lemak	mg/l	10	10
Senyawa Metilen Biru	mg/l	2	2
COD	mg/l	100	80
BOD	mg/l	75	50

Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta

Sutiyoso

Lampiran 2. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta
 Nomor: 582 Tahun 1995
 Tanggal: 12 Juni 1995
 Tentang: Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/ Badan Air Serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta

BAKU MUTU AIR SUNGAI DI DKI JAKARTA

BAKU MUTU GOLONGAN A: AIR MINUM

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
FISIKA			
01. Bau	-	-	Tidak berbau
02. Zat Padat Terlarut	mg/l	1000	
03. Kekeruhan	Skala NTU	5	
04. Suhu	°C	Suhu udara ±3 °C	
05. Warna	TCU	15	
06. Rasa	-	-	Tidak berasa
KIMIA			
A. KIMIA ANORGANIK			
01. Air Raksa	mg/l	0,001	
02. Alumunium	mg/l	0,20	
03. Arsen	mg/l	0,05	
04. Barium	mg/l	1,0	
05. Besi	mg/l	0,3	
06. Flourida	mg/l	0,50	
07. Kadmium	mg/l	0,005	
08. Kسادahan CaCO ₃	mg/l	500	
09. Klorida	mg/l	250	
10. Kromium, valensi 6	mg/l	0,050	
11. Manggan	mg/l	0,10	
12. Natrium	mg/l	200	
13. Nitrat, sebagai N	mg/l	10,0	
14. Nitrit Sebagai N	mg/l	1,0	
15. Perak	mg/l	0,050	
16. pH	mg/l	6,5-8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum
17. Selenium	mg/l	0,010	
18. Seng	mg/l	5,0	
19. Sianida	mg/l	0,10	
20. Sulfat	mg/l	400	
21. Sulfida, sebagai H ₂ S	mg/l	0,050	

(Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
22. Tembaga	mg/l	1,0	
23. Timbal	mg/l	0,050	
B. KIMIA ORGANIK			
01. Aldrin dan Dieldrin	mg/l	0,00070	
02. Benzene	mg/l	0,010	
03. Benzo (a) pyrene	mg/l	0,000010	
04. Chlordane (total isomer)	mg/l	0,00030	
05. Chloroform	mg/l	0,030	
06. 2,4-D	mg/l	0,10	
07. DDT	mg/l	0,030	
08. Detergeb	mg/l	0,50	
09. 1,2 - Dichloroethane	mg/l	0,010	
10. 1,1 - Dichloroethane	mg/l	0,00030	
11. Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,00030	
12. Hexachlorobenzene	mg/l	0,000010	
13. Lindane	mg/l	0,0040	
14. Methoxychlor	mg/l	0,030	
15. Pentachloropenol	mg/l	0,010	
16. Pestisida total	mg/l	0,10	
17. 2,4,6-trichloro phenol	mg/l	0,010	
18. Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10,0	
MIKROBIOLOGIK			
01. Koliform Tinja	Jumlah per 100 ml	0	
02. Total Koliform	Jumlah per 100 ml	3,0	
RADIOAKTIVITAS			
01. Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/l	0,10	
02. Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/l	1,0	
Keterangan: mg = miligram ml = mililiter l = liter Bq = Bequerel NTU = Nephelometric Turbidity Units Logam berat merupakan logam terlarut			

(Lanjutan)

BAKU MUTU GOLONGAN B: AIR BAKU AIR MINUM

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
FISIKA			
01. Suhu		Suhu udara ± 3 °C	
02. Zat Padat Terlarut	mg/l	500	
KIMIA			
A. KIMIA ANORGANIK			
01. Air Raksa	mg/l	0,00005	
02. Amoniak Bebas	mg/l	0,50	
03. Arsen	mg/l	0,050	
04. Barium	mg/l	1,0	
05. Besi	mg/l	2,0	
06. Flourida	mg/l	1,50	
07. Kadmium	mg/l	Nihil	
08. Klorida	mg/l	250	
09. Kromium, valensi 6	mg/l	Nihil	
10. Manggan	mg/l	0,50	
11. Nitrat, sebagai N	mg/l	5,0	
12. Nitrit Sebagai N	mg/l	0,10	
13. Oksigen Terlarut	mg/l	*	Air permukaan dianjurkan lebih besar atau sama dengan 6
14. pH	mg/l	6,5-8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum
15. Selenium	mg/l	0,010	
16. Seng	mg/l	1,0	
17. Sianida	mg/l	0,050	
18. Sulfat	mg/l	50,0	
19. Sulfida, sebagai H ₂ S	mg/l	0,10	
20. Tembaga	mg/l	0,050	
21. Timbal	mg/l	0,050	
B. KIMIA ORGANIK			
01. Aldrin dan Dieldrin	mg/l	0,017	
02. Chlordane (total isomer)	mg/l	0,0030	
03. DDT	mg/l	0,042	
04. Endrin	mg/l	0,001	
05. Phenol	mg/l	0,002	
06. Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,018	
07. Karbon Kloroform Ekstrak	mg/l	0,50	
08. Lindane	mg/l	0,056	
09. Methoxychlor	mg/l	0,035	

(Lanjutan)

BAKU MUTU GOLONGAN B: AIR BAKU AIR MINUM

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
10. Minyak dan Lemak	mg/l	Nihil	
11. Organofosfat dan Carbamate	mg/l	0,10	
12. PCB	mg/l	0,010	
13. Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/l	10,0	
14. Toxaphene	mg/l	0,01	
MIKROBIOLOGIK			
03. Koliform Tinja	Jumlah per 100 ml	2.000	
04. Total Koliform	Jumlah per 100 ml	10.000	
RADIOAKTIVITAS			
03. Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/l	0,10	
04. Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/l	1,0	
Keterangan: mg = miligram ml = mililiter l = liter Bq = Bequerel NTU = Nephelometric Turbidity Units Logam berat merupakan logam terlarut			

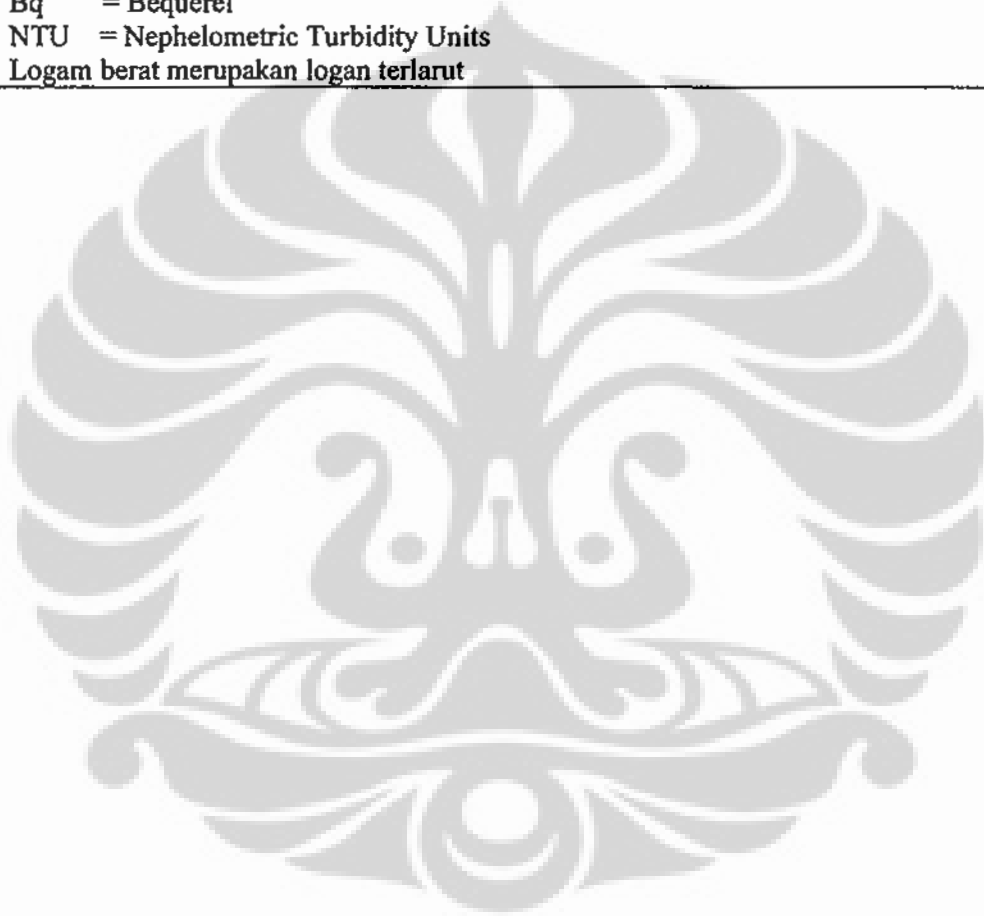
(Lanjutan)

BAKU MUTU GOLONGAN C: PERIKANAN DAN PETERNAKAN

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
FISIKA			
01. Suhu		Suhu air normal $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
02. Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	-	
KIMIA			
C. KIMIA ANORGANIK			
01. Air Raksa	mg/l	0,002	
02. Amoniak Bebas	mg/l	0,020	
03. Arsen	mg/l	0,050	
04. Flourida	mg/l	1,50	
05. Kadmium	mg/l	0,010	
06. Klorin bebas	mg/l	0,003	
07. Kromium, valensi 6	mg/l	Nihil	
08. Nitrit Sebagai N	mg/l	0,060	
09. Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	*	Disyaratkan lebih besar dari 3
10. pH	-	6,5-8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum
11. Selenium	mg/l	0,050	
12. Seng	mg/l	0,020	
13. Sianida	mg/l	0,010	
14. Sulfida, sebagai H ₂ S	mg/l	0,002	
15. Tembaga	mg/l	0,020	
16. Timbal	mg/l	0,030	
D. KIMIA ORGANIK			
01. BHC	mg/l	0,210	
02. DDT	mg/l	0,002	
03. Endrin	mg/l	0,004	
04. Phenol	mg/l	0,001	
05. Minyak dan Lemak	mg/l	0,50	
06. Organifosfat dan Carbamate		0,10	
07. Senyawa Aktif Biru Metilen		0,20	
RADIOAKTIVITAS			
01. Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/l	0,10	

(Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	KETERANGAN
RADIOAKTIVITAS			
01. Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/l	1,0	
Keterangan: mg = miligram ml = mililiter l = liter Bq = Bequerel NTU = Nephelometric Turbidity Units Logam berat merupakan logam terlarut			



Lampiran 3. Peraturan Pemerintah
 Nomor: 82 Tahun 2001
 Tanggal: 14 Desember 2001
 Tentang: Pengelolaan Kualitas Air dan
 Pengendalian Pencemaran Air

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENDEMARAN
 AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANG AN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/l	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/l	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional , residu tersuspensi \leq 5.000 mg/l
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/l	2	3	6	12	
COD	mg/l	10	25	50	100	
DO	mg/l	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/l	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sbg N	mg/l	10	10	20	20	

(Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
NH ₃ -N	mg/l	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/l sebagai NH ₃
Arsen	mg/l	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/l	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/l	1	1	1	1	
Selenium	mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/l
Besi	mg/l	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/l
Timbal	mg/l	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/l
Mangan	mg/l	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/l	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/l
Khlorida	mg/l	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/l	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/l	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sbg N	mg/l					
Sulfat	mg/l					
Khlorin bebas	mg/l					

(Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Belerang sbg H ₂ S	mg/l					
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	Jumlah/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
Total coliform	Jumlah/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-A	Bq/l	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/l	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan lemak	µg/l	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sbg MBAS	µg/l	200	200	200	(-)	
Senyawa fenol	µg/l	1	1	1	(-)	
BHC	µg/l	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	µg/l	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	µg/l	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	µg/l	2	2	2	(-)	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	µg/l	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	µg/l	56	(-)	(-)	(-)	
Endrin	µg/l	1	4	4	(-)	
Toxaphan	µg/l	5	(-)	(-)	(-)	

(Lanjutan)

Keterangan:

mg = miligram

µg = mikrogram

ml = mililiter

l = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali pH dan DO

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda $<$ adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

TtD

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

Lampiran 4. Keputusan Menteri Kesehatan RI
 Nomor: 907/MENKES/SK/VII/2002
 Tanggal: 29 Juli 2002
 Tentang: Persyaratan Kualitas Air Minum

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
a. Air minum			
E Coli atau Fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
b. Air yang masuk sistem distribusi			
E coli atau Tecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	
c. Air pada sistem distribusi			
E Coli atau Fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	

2. KIMIA

A. Bahan-bahan inorganik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Antimony	(mg/liter)	0,005	
Anti raksa	(mg/liter)	0,001	
Arsenic	(mg/liter)	0,01	
Barium	(mg/liter)	0,7	
Boron	(mg/liter)	0,3	
Cadmium	(mg/liter)	0,003	
Kromium	(mg/liter)	0,05	
Tembaga	(mg/liter)	2	
Sianida	(mg/liter)	0,07	
Fluoride	(mg/liter)	1,5	
Timah	(mg/liter)	0,01	
Molybdenum	(mg/liter)	0,07	
Nikel	(mg/liter)	0,02	
Nitrat (sebagai NO ₃ ⁻)	(mg/liter)	50	
Selenium	(mg/liter)	0,01	

(Lanjutan)

B. Bahan-bahan inorganik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Ammonia	(mg/liter)	1,5	
Aluminium	(mg/liter)	0,2	
Klorida	(mg/liter)	250	
Copper	(mg/liter)	1	
Kesadahan	(mg/liter)	500	
Hidrogen Sulfida	(mg/liter)	0,05	
Besi	(mg/liter)	0,3	
Mangan	(mg/liter)	0,1	
pH	-	6,5 – 8,5	
Sodium	(mg/liter)	200	
Sulfate	(mg/liter)	250	
Total padatan terlarut	(mg/liter)	1.000	
Seng	(mg/liter)	3	

C. Bahan-bahan inorganik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Chlorinated alkanes			
Carbon tetrachloride	(μ g/liter)	2	
Dichloromethane	(μ g/liter)	20	
1,2-dichloroethane	(μ g/liter)	30	
1,1,1-trichloroethane	(μ g/liter)	2.000	
Chlorinated ethenes			
Vinyl chloride	(μ g/liter)	5	
1,1-dichloroethane	(μ g/liter)	30	
1,2-dichloroethane	(μ g/liter)	50	
Trichloroethene	(μ g/liter)	70	
tetracloroethene	(μ g/liter)	40	
Aromatic hydrocarbons			
Benzene	(μ g/liter)	10	
Toluene	(μ g/liter)	700	
Xylenes	(μ g/liter)	500	
benzo[a]pyrene	(μ g/liter)	0,7	
Chlorinated benzenes			
Monochlorobenzene	(μ g/liter)	300	
1,2-dichlorobenzene	(μ g/liter)	1.000	
1,4-dichlorobenzene	(μ g/liter)	300	
Trichlorobenzenes (total)	(μ g/liter)	20	

(Lanjutan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Lain-lain			
di(2-ethylhexyl)adipate	(µg/liter)	80	
di(2-ethylhexyl)phthalate	(µg/liter)	8	
Acrylamide	(µg/liter)	0,5	
Epichlorohydrin	(µg/liter)	0,4	
Hexachlorobutadiene	(µg/liter)	0,6	
edetic acid (EDTA)	(µg/liter)	200	
Tributyltin oxide	(µg/liter)	2	

D. Bahan-bahan organik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Toluene	(µg/liter)	24-170	
Xylene	(µg/liter)	20-1.800	
Ethylbenzene	(µg/liter)	2-200	
Styrene	(µg/liter)	4-2.600	
Monochlorobenzene	(µg/liter)	10-120	
1,2 -dichlorobenzene	(µg/liter)	1-10	
1,4-dichlorobenzene	(µg/liter)	0,3-30	
Trichlorobenzenes(Total)	(µg/liter)	5-50	
<i>Desinfektan dan hasil sampingannya</i>			
Chlorine	(µg/liter)	600-1.000	
2-chlorophenol	(µg/liter)	0,1-10	
2,4-dichlorophenol	(µg/liter)	0,3-40	
2,4,6-trichlorophenol	(µg/liter)	2-300	

E. Pestisida

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Alachlor	(µg/liter)	20	
Aldicarb	(µg/liter)	10	
aldrin/ dieldrin	(µg/liter)	0,03	
Atrazine	(µg/liter)	2	
Bentazone	(µg/liter)	30	
Carbofuran	(µg/liter)	5	
Chlordane	(µg/liter)	0,2	
Chlorotoluron	(µg/liter)	30	
DDT	(µg/liter)	2	
1,2-dibromo- 3-chloropropane	(µg/liter)	1	
2,4-D	(µg/liter)	30	
1,2-dichloropropane	(µg/liter)	20	
1,3-dichloropropene	(µg/liter)	20	

(Lanjutan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Heptachlor and Heptachlor epoxide	(µg/liter)	0,03	
Hexachlorobenzene	(µg/liter)	1	
Isoproturon	(µg/liter)	9	
Lindane	(µg/liter)	2	
MCPA	(µg/liter)	2	
Methoxychlor	(µg/liter)	20	
Metolachlor	(µg/liter)	10	
Molinate	(µg/liter)	6	
Pendimethalin	(µg/liter)	20	
Pentachlorophenol	(µg/liter)	9	
Permethrin	(µg/liter)	20	
Propanil	(µg/liter)	20	
Pyridate	(µg/liter)	100	
Simazine	(µg/liter)	2	
Trifluralin	(µg/liter)	20	
<i>Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA</i>			
2,4-DB	(µg/liter)	90	
Dichlorprop	(µg/liter)	100	
Fenoprop	(µg/liter)	9	
Mecoprop	(µg/liter)	10	
2,4,5-T	(µg/liter)	9	

F. Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Monochloramine	(mg/liter)	3	
Chlorine	(mg/liter)	5	
Bromate	(mg/liter)	25	
Chlorite	(mg/liter)	200	
Chlorophenol			
2,4,6-trichlorophenol	(mg/liter)	200	
Formaldehyde	(mg/liter)	900	
<i>Trihalomethanes</i>			
Bromoform	(mg/liter)	100	
Dibromochloromethane	(mg/liter)	100	
Bromodichloromethane	(mg/liter)	60	
Chloroform	(mg/liter)	200	
<i>Chlorinated acetic acids</i>			
Dichloroacetic acid	(mg/liter)	50	
Trichloroacetic acid	(mg/liter)	100	
<i>Chloral hydrate</i>	(mg/liter)		
(Trichloroacetal-dehyde)	(mg/liter)	10	
<i>Halogenated acetonitriles</i>			
Dichloroacetonitrile	(mg/liter)	90	

(Lanjutan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Dibromoacetonitrile	(mg/liter)	100	
Trichloracetonitrile	(mg/liter)	1	
<i>Cyanogen chloride</i> (sebagai CN)	(mg/liter)	70	

G. Radioaktifitas

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Gross alpha activity	(mg/liter)	0,1	
Gross beta activity	(mg/liter)	1	

H. Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
<i>Parameter Fisik</i>			
Warna	TCU	15	
Rasa dan bau	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	(mg/liter)	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

MENTERI KESEHATAN RI,

Dr. ACHMAD SUJUDI

1. PENETAPAN CHEMICAL OXIGEN DEMAND (COD)

a. Metode Analisis:

Reactor digestion methods dan Colorimetric determination (Hatch spectrophotometer ®)

b. Alat:

1. Vial COD (Hatch ® Low: 0 – 150 ppm)
2. Test tube rack
3. Hatch spektrofotometer DR/2000
4. Pipet mikro 1000 µl
5. COD reaktor/Boiler (150°C)
6. Kertas saring (Whatman ®)
7. Corong gelas

c. Bahan kimia

COD reagent Vial low range 0 -150 mg/l COD

d. Cara kerja:

1. Penetapan COD *total*
 - a. Sample dihomogenkan dengan cara dikocok (tanpa disaring terlebih dahulu)
 - b. Sample diencerkan 10x
 - c. Tahapan selanjutnya, sama dengan penentuan COD *soluble*
2. Penetapan COD *Soluble*:
 - a. Sampel disaring menggunakan kertas saring whatman 7 cm.
 - b. Aktifkan COD reaktor (gunakan *power switch*) pada 150°C
 - c. Beri nama sampel pada *cap*-nya
 - d. Buka *cap* dari COD *digestion reagent vial*
 - e. Pipet sampel sebanyak 2 ml dan masukkan pada *vial reagent*

(Lanjutan)

- f. Tutup kembali vial reagent dengan *cap*-nya (pastikan rapat dan kuat).
- g. Pegang pada bagian *cap* vial tersebut dan kocok secara hati-hati.
- h. Panaskan *vial* blanko dan sampel yang diuji pada reaktor selama 2 jam pada suhu 150°C.
- i. Kemudian matikan reaktor (*off*), pindahkan vial ke *vial rack* dan didiamkan sekitar 20 menit hingga mencapai suhu ruangan
- j. Nyalakan HATCH ® dan pilih panjang gelombang COD *low range* (0-150 mg/l)
- k. Panjang gelombang 430 nm (0-150 mg/l COD)
- l. Tekan enter
- m. Persiapkan vial COD blanko dengan membersihkannya terlebih dahulu menggunakan kertas tissue
- n. Tempatkan vial sampel pada vial adapter dan tekan enter, maka akan terbaca hasilnya (mg/l COD)

2. PENETAPAN NITROGEN-AMONIUM (N-NH₄)

a. Alat:

1. Hatch spektrofotometer DR/2000
2. Pipet mikro 1000 µl
3. Kertas saring (Whatman ®)
4. Corong gelas
5. Tabung reaksi
6. *Cuvet*
7. Labu Erlenmeyer

b. Bahan kimia

1. Reagent Nessler
2. Mineral stabilizer
3. Dispersing Agent
4. Aquades

(Lanjutan)

c. Cara kerja:

1. Penetapan $\text{NH}_4\text{-N}$

- a. Sample dihomogenkan dengan cara dikocok, kemudian disaring dengan menggunakan kertas Whatman dengan menggunakan labu Erlenmeyer.
- b. Ambil sampel sebanyak 5 ml dan taruh dalam labu takar 50 ml (*beaker glass*), tambahkan aquades sebanyak 45 ml (Pengenceran 10 x).
- c. Ambil sampel yang telah diencerkan sebanyak 25 ml ke dalam tabung reaksi ukuran 50 ml.
- d. Tambahkan 3 tetes *mineral stabilizer* dan 3 tetes *dispersing agent* dan tambahkan reagen Nessler Hatch®.
- e. *Shake*
- f. Diamkan 15 menit
- g. Ambil menggunakan cuvet
- h. Ukur pada panjang gelombang 380 nm (Nessler)

3. PENETAPAN NITRIT-NITRAT ($\text{NO}_2\text{-NO}_3$)

a. Alat:

1. Hatch spektrofotometer DR/2000
2. Pipet mikro 1000 μl
3. Kertas saring (Whatman ®)
4. Corong gelas
5. Tabung reaksi
6. *Cuvet*
7. Labu Erlenmeyer

b. Bahan kimia

1. Reagen Nitriver 6 Hatch ®
2. Reagen nitriver 3 Hatch ®
3. Aquades

(Lanjutan)

c. Cara kerja:

1. Penetapan $\text{NO}_3\text{-NO}_2$

- a. Sample dihomogenkan dengan cara dikocok, kemudian disaring dengan menggunakan kertas Whatman dengan menggunakan labu erlenmeyer.
- b. Ambil sampel sebanyak 15 ml dan taruh dalam labu takar 50 ml (*beaker glass*), tambahkan satu ampul Nitrover 6 (Hatch®) (Pengenceran 10 x).
- c. Shake selama 3 menit dan diamkan selama 2 menit.
- d. Ambil bagian larutan atas sekitar 10 ml dan pindahkan ke tabung reaksi
- e. Tambahkan nitrover 3 (Hatch®)
- f. Shake selama 30 menit dengan kuat
- g. Tunggu selama 15 menit
- h. Pindahkan ke cuvet dan siap diukur pada panjang gelombang 351 nm (0,5 mg/l $\text{NO}_2\text{-NO}_3$)

(Lampiran 6)

Kandungan COD-total dan COD-soluble Sistem UASB

NO	UASB COD-total			UASB COD-soluble		
	Influent (mg/l)	Effluent UASB (mg/l)	% CODt Removal (UASB)	Influent (mg/l)	Effluent UASB (mg/l)	% Removal
1	137.48	364.47	-165.11	69.99	254.04	-262.97
2	112.94	105.78	6.34	89.42	100.67	-12.58
3	119.07	181.44	-52.38	82.26	144.63	-75.82
4	100.67	55.67	44.70	59.77	43.41	27.37
5	139.52	74	46.96	98.62	47.50	51.84
6	84.3	94.53	-12.14	61.81	53.63	13.23
7	162.02	65.9	59.33	102.71	53.63	47.79
8	129.3	69.99	45.87	80.22	65.90	17.85
9	170.2	90.44	46.86	141.57	53.63	62.12
10	76.13	65.9	13.44	45.45	43.41	4.49
11	186.56	51.58	72.35	112.94	38.30	66.09
12	213.14	61.81	71.00	53.63	53.63	0.00
13	254.2	59.76	76.49	61.81	55.68	9.92
14	262.22	65.9	74.87	82.26	37.27	54.69
15	272.45	55.67	79.57	55.68	31.14	44.07
16	170.2	45.45	73.30	31.14	27.05	13.13
17	190.65	47.49	75.09	110.89	39.32	64.54
18	139.54	49.54	64.50	51.59	37.27	27.76
19	415.6	59.76	85.62	59.77	37.27	37.64
20	211.1	45.45	78.47	53.63	40.34	24.78
21	211.1	22.95	89.13	34.21	20.91	38.88
22	425.8	30.1	92.93	37.27	27.05	27.42
23	384.92	50.57	86.86	38.30	27.05	29.37
24	272.45	32.16	88.20	39.32	33.18	15.60
25	323.57	47.5	85.32	59.77	26.03	56.46
26	292.9	44.43	84.83	51.59	34.21	33.69
27	241.77	31.14	87.12	53.63	26.03	51.47
28	272.45	37.27	86.32	42.39	27.05	36.19
29	303.12	35.23	88.38	43.41	40.34	7.07
30	313.12	51.59	83.52	53.63	35.23	34.32
31	354.35	37.27	89.48	48.52	28.07	42.15
AVE	223.96	68.73	69.31	64.75	51.06	18.99

(Lampiran 7)

Kandungan pH dan Suhu Sistem UASB dan Sistem UASB-DHS

NO	Influent UASB		Effluent UASB		Effluent UASB-DHS	
	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C
1	7.50	28.10	8.4	28.9	7.9	28.7
2	7.20	27.80	7.9	28.1	6.5	28
3	7.90	28.10	7.4	28.7	6.85	28.2
4	7.70	27.80	7.5	28.7	6.4	27.8
5	7.90	28.70	7.7	27.9	6.3	28
6	7.60	28.40	7.3	28.9	6.4	28.7
7	7.60	29.00	6.8	28.6	6.3	28.5
8	7.30	27.80	7.4	27.5	6.5	27.2
9	7.00	26.70	7.3	26.6	6.4	26.6
10	7.40	28.10	7	26.7	6.5	27.8
11	7.60	28.80	7.1	28	6.4	28
12	7.40	26.80	7.1	26.1	6.1	26.1
13	7.60	27.00	7.4	27.2	6.4	26.6
14	7.60	27.70	7.5	27.8	6.3	28.3
15	7.40	28.10	6.9	28.4	6.5	27.9
16	7.30	27.10	7.4	26.5	6.4	25.8
17	7.50	28.40	7	27.8	6.5	27.3
18	7.80	27.00	7.3	28.3	7.1	27.4
19	7.80	28.20	7.3	28.4	6.8	27.6
20	7.70	28.70	7.2	28.5	7.1	28.2
21	7.50	28.40	7.1	28.1	6.6	27.8
22	7.20	26.70	7.3	27.2	7.2	26.6
23	7.30	28.10	7.6	27.9	6.8	27.2
24	7.60	27.60	7.3	26.8	7	26.7
25	7.30	28.60	7.1	26.3	6.6	26.5
26	7.40	27.30	7.2	27.8	7.1	27
27	7.50	28.20	7.8	28.2	7.1	27.1
28	7.40	28.10	7.4	27.9	6.8	27.1
29	7.60	28.20	7.8	27.8	6.5	27.7
30	7.10	27.60	7.6	26.9	6.2	26.9
31	7.40	28.00	7.9	26.7	7.8	27.2
Ave	7.49	27.91	7.38	27.71	6.68	27.43

(Lampiran 8)

Kandungan Influent, Effluent Sistem UASB (NH₄-N)

NO	Sistem UASB (NH ₄ -N)		
	Influent UASB (mg/l)	Effluent UASB (mg/l)	% Removal UASB
1	0.22	1.8	-718.18
2	1.76	2.91	-65.34
3	30.60	32.18	-5.99
4	30.60	32.16	-5.93
5	27.44	31.98	-16.55
6	30.01	32.57	-8.53
7	29.42	33.56	-14.07
8	31.59	29.22	7.50
9	31.19	28.43	8.85
10	29.22	27.44	6.09
11	18.77	21.53	-14.70
12	23.50	22.51	4.21
13	24.09	23.3	3.28
14	25.08	21.13	15.75
15	30.01	28.43	5.26
16	28.63	25.27	11.74
17	28.43	29.81	-4.85
18	31.59	32.77	-3.74
19	32.77	32.97	-0.61
20	21.13	25.67	-21.49
21	20.54	21.53	-4.82
22	23.30	24.29	-4.25
23	25.08	26.65	-6.29
24	22.91	22.71	0.86
25	29.22	27.25	6.75
26	28.63	31.19	-8.96
27	28.82	29.02	-0.68
28	29.42	30.21	-2.68
29	34.74	35.73	-2.84
30	33.95	38.29	-12.78
31	34.74	31.78	8.52
Ave	26.37	26.91	-27.24

(Lampiran 9.)

Kandungan Influent, Effluent Sistem UASB (NO₃-NO₂)

NO	Sistem UASB (NO ₃ -NO ₂)		
	Influent	Effluent UASB	% Removal NO3-NO2
1	0.047	0.097	-105.882
2	0.067	0.233	-250.000
3	0.011	0.289	-2500.000
4	0.122	0.094	22.727
5	0.094	0.067	29.412
6	0.067	0.150	-125.000
7	0.122	0.067	45.455
8	0.150	0.233	-55.556
9	0.178	0.122	31.250
10	0.067	0.067	0.000
11	0.067	0.122	-83.333
12	0.094	0.039	58.824
13	0.067	0.289	-333.333
14	0.067	0.400	-500.000
15	0.122	0.261	-113.636
16	0.094	0.067	29.412
17	0.067	0.122	-83.333
18	0.150	0.150	0.000
19	0.039	0.094	-142.857
20	0.067	0.039	41.667
21	0.067	0.150	-125.000
22	0.094	0.178	-88.235
23	0.094	0.067	29.412
24	0.011	0.122	-1000.000
25	0.067	0.122	-83.333
26	0.122	0.178	-45.455
27	0.122	0.094	22.727
28	0.094	0.178	-88.235
29	0.094	0.150	-58.824
30	0.094	0.094	0.000
31	0.067	0.039	41.667
ave	0.087	0.141	-175.144

(Lampiran 10)

Kandungan COD-total dan COD-soluble Sistem Kombinasi UASB-DHS

NO	Sistem Kombinasi UASB-DHS (COD-total)			Sistem Kombinasi UASB-DHS (COD-soluble)		
	Influent (mg/l)	Effluent UASB- DHS (mg/l)	% COD- total	Influent (mg/l)	Effluent UASB- DHS (mg/l)	% COD- soluble
1	137.48	30	78.18	69.99	23.98	65.74
2	112.94	21.93	80.58	89.42	12.73	85.76
3	119.07	20.91	82.44	82.26	30.12	63.38
4	100.67	12.73	87.35	59.77	14.78	75.27
5	139.52	19.89	85.74	98.62	18.87	80.87
6	84.3	15.8	81.26	61.81	6.60	89.32
7	162.02	20.91	87.09	102.71	11.71	88.60
8	129.3	9.66	92.53	80.22	6.60	91.77
9	170.2	8.64	94.92	141.57	3.53	97.51
10	76.13	15.8	79.25	45.45	11.71	74.24
11	186.56	7.62	95.92	112.94	4.55	95.97
12	213.14	16.8	92.12	53.63	15.80	70.54
13	254.2	15.8	93.78	61.81	12.73	79.40
14	262.22	13.75	94.76	82.26	8.64	89.50
15	272.45	17.84	93.45	55.68	12.73	77.14
16	170.2	7.62	95.52	31.14	8.64	72.25
17	190.65	15.8	91.71	110.89	12.73	88.52
18	139.54	40.34	71.09	51.59	5.58	89.18
19	415.6	37.27	91.03	59.77	14.78	75.27
20	211.1	35.22	83.32	53.63	17.85	66.72
21	211.1	16.82	92.03	34.21	12.73	62.79
22	425.8	8.64	97.97	37.27	7.62	79.55
23	384.92	12.73	96.69	38.30	10.69	72.09
24	272.45	19.89	92.70	39.32	11.71	70.22
25	323.57	26.03	91.96	59.77	13.76	76.98
26	292.9	12.73	95.65	51.59	10.69	79.28
27	241.77	11.71	95.16	53.63	6.60	87.70
28	272.45	11.71	95.70	42.39	11.71	72.37
29	303.12	11.71	96.14	43.41	10.69	75.38
30	313.12	18.87	93.97	53.63	15.80	70.54
31	354.35	12.73	96.41	48.52	9.67	80.08
AVE	223.96	17.67	90.21	64.75	12.14	78.84

(Lampiran 11)

Kandungan $\text{NH}_4\text{-N}$ Sistem Kombinasi UASB-DHS

NO	Sistem Kombinasi UASB-DHS ($\text{NH}_4\text{-N}$)		
	Influent UASB-DHS (mg/l)	Effluent UASB-DHS (mg/l)	% Removal UASB-DHS
1	0.22	0.07	68.18
2	1.76	0.05	97.16
3	30.60	6.34	79.12
4	30.60	6.34	79.12
5	27.44	13.24	51.75
6	30.01	5.16	82.81
7	29.42	7.92	73.08
8	31.59	9.89	68.69
9	31.19	10.28	67.04
10	29.22	5.35	81.69
11	18.77	1.01	94.62
12	23.50	19.75	15.96
13	24.09	4.86	79.83
14	25.08	4.96	80.22
15	30.01	10.88	63.75
16	28.63	8.41	70.63
17	28.43	10.38	63.49
18	31.59	9	71.51
19	32.77	10.68	67.41
20	21.13	9.89	53.19
21	20.54	1.21	94.11
22	23.30	0.62	97.34
23	25.08	1.41	94.38
24	22.91	0.82	96.44
25	29.22	9.99	65.82
26	28.63	9.40	67.18
27	28.82	0.72	97.51
28	29.42	0.62	97.89
29	34.74	6.54	81.19
30	33.95	4.37	87.14
31	34.74	3.18	90.84
Ave	26.37	6.23	76.74

Kandungan NO₃-NO₂ Sistem Kombinasi UASB-DHS

NO	Sistem Kombinasi UASB-DHS (NO ₃ -NO ₂)		
	Influent UASB-DHS (mg/l)	Effluent UASB-DHS (mg/l)	% Removal NO ₃ -NO ₂
1	0.047	0.444	-841.18
2	0.067	0.608	-812.50
3	0.011	6.400	-57500.00
4	0.122	3.067	-2409.09
5	0.094	2.511	-2558.82
6	0.067	8.622	-12833.33
7	0.122	3.900	-3090.91
8	0.150	7.789	-5092.59
9	0.178	10.844	-6000.00
10	0.067	3.622	-5333.33
11	0.067	4.178	-6166.67
12	0.094	33.344	-35205.88
13	0.067	3.344	-4916.67
14	0.067	4.317	-6375.00
15	0.122	5.289	-4227.27
16	0.094	7.094	-7411.76
17	0.067	5.011	-7416.67
18	0.150	0.289	-92.59
19	0.039	7.233	-18500.00
20	0.067	11.678	-17416.67
21	0.067	3.900	-5750.00
22	0.094	3.344	-3441.18
23	0.094	4.456	-4617.65
24	0.011	3.344	-30000.00
25	0.067	3.622	-5333.33
26	0.122	6.678	-5363.64
27	0.122	11.122	-9000.00
28	0.094	13.067	-13735.29
29	0.094	0.789	-735.29
30	0.094	14.733	-15500.00
31	0.067	15.011	-22416.67
ave	0.087	6.763	-10325.61

(Lampiran 13)

Kandungan COD-total dan COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam) COD-total			Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam) COD-soluble		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% COD- total removal	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% COD- soluble removal
1	138	31.13	77.44	69.99	17.85	74.50
2	114	31.13	72.69	89.42	27.05	69.75
3	120	8.64	92.80	82.26	31.14	62.14
4	102	19.89	80.50	59.77	13.76	76.98
5	140	11.71	91.64	98.62	10.69	89.16
6	86	9.66	88.77	61.81	3.53	94.29
7	162	18.86	88.36	102.71	11.71	88.60
8	130	15.86	87.80	80.22	11.71	85.40
9	170	6.59	96.12	141.57	6.6	95.34
10	78	10.688	86.30	45.45	9.67	78.72
11	186	5.57	97.01	112.94	5.58	95.06
12	212	13.75	93.51	53.63	10.69	80.07
AVE	136.50	15.29	87.74	81.55	12.97	82.77

(Lampiran 14)

Kandungan NH₄-N Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam) NH ₄ -N		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% NH ₄ -N removal
1	0.22	0.03	86.36
2	1.76	0.05	97.16
3	30.36	0.26	99.14
4	30.36	0.50	98.35
5	27.44	0.62	97.74
6	30.01	0.50	98.33
7	29.42	0.70	97.62
8	31.59	0.78	97.53
9	31.19	0.62	98.01
10	29.22	2.59	91.14
11	18.77	1.86	90.09
12	23.5	0.46	98.04
Ave	23.65	0.75	95.79

(Lampiran 15)

Kandungan NO₃-NO₂ Sistem Kombinasi DHS (HRT 10 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam) NO ₃ -NO ₂		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% NO ₃ -NO ₂ removal
1	0.047	0.325	-588.235
2	0.067	0.900	-1250.000
3	0.011	8.622	-77500.000
4	0.122	10.011	-8090.909
5	0.094	7.233	-7558.824
6	0.067	6.956	-10333.333
7	0.122	4.178	-3318.182
8	0.150	11.122	-7314.815
9	0.178	4.178	-2250.000
10	0.067	4.178	-6166.667
11	0.067	4.178	-6166.667
12	0.094	11.122	-11676.471
Ave	0.091	6.084	-11851.175

(Lampiran 16)

Kandungan COD-total dan COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam) COD-total			Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam) COD-soluble		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% COD-total removal	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% COD-soluble removal
1	250.00	12.73	94.91	61.81	8.64	86.02
2	260.00	25.00	90.38	82.26	16.82	79.55
3	270.00	32.16	88.09	55.68	8.64	84.48
4	170.00	13.75	91.91	31.14	2.51	91.94
5	190.00	11.71	93.84	110.89	10.69	90.36
6	140.00	15.80	88.71	51.59	15.80	69.37
7	410.00	14.77	96.40	59.77	10.69	82.11
8	210.00	18.86	91.02	53.63	17.85	66.72
9	210.00	16.82	91.99	34.21	9.57	72.03
10	425.82	10.69	97.49	37.27	3.53	90.53
11	384.92	17.85	95.36	38.30	12.73	66.75
12	272.45	20.91	92.32	39.32	16.82	57.21
13	323.57	11.71	96.38	59.77	9.67	83.83
14	292.90	5.58	98.10	51.59	5.58	89.19
15	241.77	11.71	95.16	53.63	10.69	80.07
16	272.45	14.78	94.58	42.39	4.55	89.26
17	303.12	17.85	94.11	43.41	10.69	75.38
18	313.35	15.80	94.96	53.63	15.80	70.54
19	354.25	4.55	98.71	48.52	3.53	92.72
Ave	278.66	15.42	93.92	53.09	10.25	79.90

(Lampiran 17)

Kandungan NH₄-N Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam) NH ₄ -N		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% NH ₄ -N removal
1	25.08	0.93	96.29
2	30.01	1.57	94.77
3	28.63	0.62	97.83
4	28.43	0.58	97.96
5	31.59	0.74	97.66
6	32.77	0.66	97.99
7	21.13	1.09	94.84
8	20.54	0.52	97.47
9	23.3	0.36	98.45
10	23.30	0.36	98.44
11	25.08	0.38	98.47
12	22.91	0.36	98.42
13	29.22	0.42	98.56
14	28.63	0.64	97.77
15	28.82	0.38	98.67
16	29.42	0.21	99.30
17	34.74	0.52	98.50
18	33.95	0.66	98.06
19	34.74	0.74	97.88
Ave	28.01	0.62	97.75

(Lampiran 18)

Kandungan NO₃-NO₂ Sistem Kombinasi DHS (HRT 6 jam)

NO	Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam) NO ₃ -NO ₂		
	Influent (mg/l)	Effluent Sistem DHS (mg/l)	% NO ₃ -NO ₂ removal
1	0.067	6.956	-10333
2	0.067	9.733	-14500
3	0.122	8.344	-6727
4	0.094	11.122	-11676
5	0.067	11.122	-16583
6	0.150	11.122	-7315
7	0.039	4.178	-10643
8	0.067	22.233	-33250
9	0.067	2.789	-4083
10	0.094	2.789	-2853
11	0.094	30.567	-32265
12	0.011	9.733	-87500
13	0.067	19.456	-29083
14	0.122	9.733	-7864
15	0.122	16.678	-13545
16	0.094	9.733	-10206
17	0.094	20.844	-21971
18	0.094	8.344	-8735
19	0.067	22.233	-33250
Ave	0.084	12.511	-19073

Kandungan COD, Amonia, dan NO₃-NO₂ Teknologi Aerated Lagoon

NO	COD-total			COD-soluble			NH ₄ -N			NO ₃ -NO ₂		
	Influent	effluent	% removal CODt	Influent	effluent	% removal CODs	Influent	effluent	% removal NH ₄ -N	Influent	effluent	% removal NO ₃ -NO ₂
1	139.5	37.27	73.28	98.62	6.598	93.31	27.44	17.78	35.2	0.094	0.122	29.18
2	129.3	74.08	42.7	80.22	65.9	17.85	31.59	18.37	41.85	0.15	1.4	833.3
3	186.6	141.6	24.12	112.9	29.09	74.24	18.77	21.72	-15.72	0.067	0.261	291.5
4	262.2	98.62	62.39	82.26	49.54	39.78	25.08	17.38	30.7	0.067	0.094	40.99
5	160.7	155.9	2.968	110.9	41.36	62.7	28.43	17.19	39.54	0.067	0.067	0.495
6	211.1	143.6	31.97	53.63	34.21	36.21	21.13	14.03	33.6	0.067	0.067	0.495
7	384.9	79.2	79.43	38.3	38.3	0.012	25.08	12.26	51.13	0.094	0.039	-58.82
8	292.9	79.2	72.96	51.59	38.3	25.77	28.63	13.24	53.75	0.122	0.15	22.73
9	303.1	106.8	64.77	43.41	38.3	11.78	34.74	19.55	43.71	0.094	0.094	0.005
Ave	230	101.8	55.74	74.65	37.95	49.16	26.77	16.84	37.1	0.091	0.255	179

OLR COD-total Sistem Kombinasi UASB-DHS

OLR UASB-DHS CODT									
NO	OLR UASB				OLR DHS				OLR
	INF (mg/l)	flow rate (l/day)	volume reaktor UASB (liter)	OLR (kg- ^v -tCOD/m ³ /da)	EFF UASB (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS	OLR (kg- ^v -tCOD/m ³ /da)	UASB DHS (kg- ^v -tCOD/m ³ /da)
1	137.480	3.254	1.130	0.396	364.470	3.254	0.325	3.650	4.046
2	112.940	3.195	1.130	0.319	105.780	3.195	0.325	1.040	1.359
3	119.070	3.244	1.130	0.342	181.440	3.244	0.325	1.811	2.153
4	100.670	3.319	1.130	0.296	55.670	3.319	0.325	0.568	0.864
5	139.520	3.236	1.130	0.400	74.000	3.236	0.325	0.737	1.136
6	84.300	3.289	1.130	0.245	94.530	3.289	0.325	0.957	1.202
7	162.020	3.340	1.130	0.479	65.900	3.340	0.325	0.677	1.156
8	129.300	3.284	1.130	0.376	69.990	3.284	0.325	0.707	1.083
9	170.200	3.282	1.130	0.494	90.440	3.282	0.325	0.913	1.408
10	76.130	3.302	1.130	0.222	65.900	3.302	0.325	0.670	0.892
11	186.560	3.150	1.130	0.520	51.580	3.150	0.325	0.500	1.020
12	213.140	3.323	1.130	0.627	61.810	3.323	0.325	0.632	1.259
13	254.200	3.094	1.130	0.696	59.760	3.094	0.325	0.569	1.265
14	262.220	3.456	1.130	0.802	65.900	3.456	0.325	0.701	1.503
15	272.450	3.556	1.130	0.857	55.670	3.556	0.325	0.609	1.466
16	170.200	3.479	1.130	0.524	45.450	3.479	0.325	0.486	1.010
17	190.650	3.493	1.130	0.589	47.490	3.493	0.325	0.510	1.100
18	139.540	3.490	1.130	0.431	49.540	3.490	0.325	0.532	0.963
19	415.600	3.540	1.130	1.302	59.760	3.540	0.325	0.651	1.953
20	211.100	3.552	1.130	0.664	45.450	3.552	0.325	0.497	1.160
21	211.100	3.412	1.130	0.637	22.950	3.412	0.325	0.241	0.878
22	425.800	3.569	1.130	1.345	30.100	3.569	0.325	0.331	1.675
23	384.920	3.585	1.130	1.221	50.570	3.585	0.325	0.558	1.779
24	272.450	4.201	1.130	1.013	32.160	4.201	0.325	0.416	1.429
25	323.570	3.593	1.130	1.029	47.500	3.593	0.325	0.525	1.554
26	292.900	3.664	1.130	0.950	44.430	3.664	0.325	0.501	1.451
27	241.770	3.730	1.130	0.798	31.140	3.730	0.325	0.357	1.156
28	272.450	3.742	1.130	0.902	37.270	3.742	0.325	0.429	1.331
29	303.120	3.651	1.130	0.979	35.230	3.651	0.325	0.396	1.375
30	313.120	3.538	1.130	0.980	51.590	3.538	0.325	0.562	1.542
31	354.350	3.535	1.130	1.109	37.270	3.535	0.325	0.405	1.514
AVE	223.963	3.455	1.130	0.685	68.734	3.455	0.325	0.731	1.415

(Lampiran 21.)

OLR COD-total Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)

NO	OLR DHS 10 jam			
	Influent (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS (l)	OLR (kg-tCOD/m ³ /day)
1	138.000	0.018	0.190	0.013
2	114.000	0.017	0.190	0.010
3	120.000	0.018	0.190	0.011
4	102.000	0.020	0.190	0.011
5	140.000	0.018	0.190	0.013
6	86.000	0.018	0.190	0.008
7	162.000	0.020	0.190	0.017
8	130.000	0.019	0.190	0.013
9	170.000	0.018	0.190	0.016
10	78.000	0.018	0.190	0.007
11	186.000	0.017	0.190	0.017
12	212.000	0.018	0.190	0.020
AVE	136.500	0.018	0.190	0.013

(Lampiran 22).

OLR COD-total Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam)

NO	OLR DHS 6 jam			
	INFLUENT (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS (l)	OLR (kg-tCOD/m ³ /day)
1	251.997	0.028	0.190	0.038
2	262.222	0.028	0.190	0.039
3	272.447	0.031	0.190	0.044
4	170.197	0.028	0.190	0.025
5	190.647	0.031	0.190	0.031
6	139.522	0.030	0.190	0.022
7	415.596	0.031	0.190	0.068
8	211.097	0.030	0.190	0.033
9	211.097	0.030	0.190	0.033
10	425.821	0.029	0.190	0.065
11	384.921	0.029	0.190	0.060
12	272.447	0.030	0.190	0.044
13	323.572	0.031	0.190	0.052
14	292.897	0.031	0.190	0.048
15	241.772	0.031	0.190	0.040
16	272.447	0.031	0.190	0.045
17	303.122	0.032	0.190	0.051
18	313.347	0.031	0.190	0.052
19	354.246	0.032	0.190	0.059
AVE	279.443	0.030	0.190	0.045

Penyisihan COD-soluble Sistem Kombinasi UASB-DHS

NO	Influent (mg/l)	Effluent UASB (mg/l)	% Removal	Effluent DHS Combine (mg/l)	% Removal	% CODs Removal Overall Combine System
1	69.99	254.04	0.00	23.98	90.56	65.74
2	89.42	100.67	0.00	12.73	87.35	85.76
3	82.26	144.63	0.00	30.12	79.17	63.38
4	59.77	43.41	27.37	14.78	65.95	75.27
5	98.62	47.50	51.84	18.87	60.27	80.87
6	61.81	53.63	13.23	6.60	87.69	89.32
7	102.71	53.63	47.79	11.71	78.17	88.60
8	80.22	65.90	17.85	6.60	89.98	91.77
9	141.57	53.63	62.12	3.53	93.42	97.51
10	45.45	43.41	4.49	11.71	73.02	74.24
11	112.94	38.30	66.09	4.55	88.12	95.97
12	53.63	53.63	0.00	15.80	70.54	70.54
13	61.81	55.68	9.92	12.73	77.14	79.40
14	82.26	37.27	54.69	8.64	76.82	89.50
15	55.68	31.14	44.07	12.73	59.12	77.14
16	31.14	27.05	13.13	8.64	68.06	72.25
17	110.89	39.32	64.54	12.73	67.62	88.52
18	51.59	37.27	27.76	5.58	85.03	89.18
19	59.77	37.27	37.64	14.78	60.34	75.27
20	53.63	40.34	24.78	17.85	55.75	66.72
21	34.21	20.91	38.88	12.73	39.12	62.79
22	37.27	27.05	27.42	7.62	71.83	79.55
23	38.30	27.05	29.37	10.69	60.48	72.09
24	39.32	33.18	15.60	11.71	64.71	70.22
25	59.77	26.03	56.46	13.76	47.15	76.98
26	51.59	34.21	33.69	10.69	68.75	79.28
27	53.63	26.03	51.47	6.60	74.65	87.70
28	42.39	27.05	36.19	11.71	56.70	72.37
29	43.41	40.34	7.07	10.69	73.51	75.38
30	53.63	35.23	34.32	15.80	55.15	70.54
31	48.52	28.07	42.15	9.67	65.57	80.08
Ave	64.75	51.06	30.32	12.14	70.70	78.84

(Lampiran 24)

Penyisihan COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)

Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)			
NO	Influent (mg/l)	DHS (mg/l)	% CODs Removal
1	69.99	17.85	74.50
2	89.42	27.05	69.75
3	82.26	31.14	62.14
4	59.77	13.76	76.98
5	98.62	10.69	89.16
6	61.81	3.53	94.29
7	102.71	11.71	88.60
8	80.22	11.71	85.40
9	141.57	6.6	95.34
10	45.45	9.67	78.72
11	112.94	5.58	95.06
12	53.63	10.69	80.07
AVE	81.55	12.97	82.77

(Lampiran 25)

Penyisihan COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam)

DHS HRT 6 jam			
NO	Influent (mg/l)	DHS (mg/l)	% COD-soluble Removal
1	61.81	8.64	86.02
2	82.26	16.82	79.55
3	55.68	8.64	84.48
4	31.14	2.51	91.94
5	110.89	10.69	90.36
6	51.59	15.80	69.37
7	59.77	10.69	82.11
8	53.63	17.85	66.72
9	34.21	9.57	72.03
10	37.27	3.53	90.53
11	38.30	12.73	66.75
12	39.32	16.82	57.21
13	59.77	9.67	83.83
14	51.59	5.58	89.19
15	53.63	10.69	80.07
16	42.39	4.55	89.26
17	43.41	10.69	75.38
18	53.63	15.80	70.54
19	48.52	3.53	92.72
Ave	53.09	10.25	79.90

OLR COD-soluble Sistem Gabungan UASB-DHS

OLR UASB-DHS									
NO	OLR UASB				OLR DHS				UASB+DHS (kg-CODs/m ³ /day)
	Influent (mg/l)	flow rate (l/day)	volume reaktor UASB (liter)	OLR (kg-CODs/m ³ /day)	EFFLUENT UASB (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS	OLR (kg-CODs/m ³ /day)	
1	69.99	3.254	1.13	0.20	254.04	3.254	0.325	2.54	2.75
2	89.42	3.195	1.13	0.25	100.67	3.195	0.325	0.99	1.24
3	82.26	3.244	1.13	0.24	144.63	3.244	0.325	1.44	1.68
4	59.77	3.319	1.13	0.18	43.41	3.319	0.325	0.44	0.62
5	98.62	3.236	1.13	0.28	47.50	3.236	0.325	0.47	0.76
6	61.81	3.289	1.13	0.18	53.63	3.289	0.325	0.54	0.72
7	102.71	3.340	1.13	0.30	53.63	3.340	0.325	0.55	0.85
8	80.22	3.284	1.13	0.23	65.90	3.284	0.325	0.67	0.90
9	141.57	3.282	1.13	0.41	53.63	3.282	0.325	0.54	0.95
10	45.45	3.302	1.13	0.13	43.41	3.302	0.325	0.44	0.57
11	112.94	3.150	1.13	0.31	38.30	3.150	0.325	0.37	0.69
12	53.63	3.323	1.13	0.16	53.63	3.323	0.325	0.55	0.71
13	61.81	3.094	1.13	0.17	55.68	3.094	0.325	0.53	0.70
14	82.26	3.456	1.13	0.25	37.27	3.456	0.325	0.40	0.65
15	55.68	3.556	1.13	0.18	31.14	3.556	0.325	0.34	0.52
16	31.14	3.479	1.13	0.10	27.05	3.479	0.325	0.29	0.39
17	110.89	3.493	1.13	0.34	39.32	3.493	0.325	0.42	0.77
18	51.59	3.490	1.13	0.16	37.27	3.490	0.325	0.40	0.56
19	59.77	3.540	1.13	0.19	37.27	3.540	0.325	0.41	0.59
20	53.63	3.552	1.13	0.17	40.34	3.552	0.325	0.44	0.61
21	34.21	3.412	1.13	0.10	20.91	3.412	0.325	0.22	0.32
22	37.27	3.569	1.13	0.12	27.05	3.569	0.325	0.30	0.41
23	38.30	3.585	1.13	0.12	27.05	3.585	0.325	0.30	0.42
24	39.32	4.201	1.13	0.15	33.18	4.201	0.325	0.43	0.58
25	59.77	3.593	1.13	0.19	26.03	3.593	0.325	0.29	0.48
26	51.59	3.664	1.13	0.17	34.21	3.664	0.325	0.39	0.55
27	53.63	3.730	1.13	0.18	26.03	3.730	0.325	0.30	0.48
28	42.39	3.742	1.13	0.14	27.05	3.742	0.325	0.31	0.45
29	43.41	3.651	1.13	0.14	40.34	3.651	0.325	0.45	0.59
30	53.63	3.538	1.13	0.17	35.23	3.538	0.325	0.38	0.55
31	48.52	3.535	1.13	0.15	28.07	3.535	0.325	0.31	0.46
Ave	64.75	3.455	1.13	0.20	51.06	3.455	0.325	0.53	0.73

(Lampiran 27)

OLR COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 10 jam)

NO	OLR DHS 10 JAM			
	Influent (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS	OLR (kg-CODs/m ³ /day)
1	69.99	0.018	0.325	0.00388
2	89.42	0.017	0.325	0.00454
3	82.26	0.018	0.325	0.00452
4	59.77	0.020	0.325	0.00368
5	98.62	0.019	0.325	0.00573
6	61.81	0.018	0.325	0.00338
7	102.71	0.018	0.325	0.00572
8	80.22	0.017	0.325	0.00419
9	141.57	0.018	0.325	0.00769
10	45.45	0.016	0.325	0.00227
11	112.94	0.018	0.325	0.00615
12	53.63	0.017	0.325	0.00283
Ave	83.19916667	0.018	0.325	0.00455

(Lampiran 28)

Organic loading rate (OLR) COD-soluble Sistem Tunggal DHS (HRT 6 jam)

OLR DHS 6 JAM				
NO	Influent (mg/l)	flow rate (l/day)	Volume spons DHS	OLR (kg-CODs/m³/day)
1	61.813	0.028	0.325	0.00538
2	82.263	0.028	0.325	0.00710
3	55.678	0.031	0.325	0.00525
4	31.138	0.028	0.325	0.00269
5	110.893	0.031	0.325	0.01069
6	51.588	0.030	0.325	0.00482
7	59.768	0.031	0.325	0.00575
8	53.633	0.030	0.325	0.00491
9	34.206	0.030	0.325	0.00316
10	37.273	0.029	0.325	0.00330
11	38.296	0.029	0.325	0.00347
12	39.318	0.030	0.325	0.00368
13	59.768	0.031	0.325	0.00561
14	51.588	0.031	0.325	0.00496
15	53.633	0.031	0.325	0.00514
16	42.385	0.031	0.325	0.00410
17	43.408	0.032	0.325	0.00425
18	53.633	0.031	0.325	0.00519
19	48.520	0.032	0.325	0.00473
Ave	53.095	0.030	0.325	0.00496



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 803 / LAB.2 - LC / VII / 2010
Contoh Dari : **NURHADI**
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 28 Juli 2010
Tanggal Pengujian : 28 Juli 2010 - 04 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Waduk Setiabudi

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	114.0	Spektrofotometer
2	Ammonia	mg/L	33.49	SNI 06-6989.30.2005
3	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	81.57	SNI 06-6989.22.2004
4	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	76.80	SNI 6989.72 : 2009
5	COD (dichromat)	mg/L	162.80	SNI 6989.73 : 2009
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.89	SNI 06-6989.51.2005
7	Minyak dan Lemak	mg/L	0.36	Spektrofotometer

Jakarta, 10 Agustus 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)

Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Laporan ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 804 / LAB.2 - LC / VII / 2010
Contoh Dari : **NURHADI**
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 28 Juli 2010
Tanggal Pengujian : 28 Juli 2010 - 04 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Effluent UASB

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	10.0	Spektrophotometer
2	Ammonia	mg/L	32.88	SNI 06-6989.30.2005
3	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	8.80	SNI 06-6989.22.2004
4	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	5.30	SNI 6989.72 : 2009
5	COD (dichromat)	mg/L	10.13	SNI 6989.73 : 2009
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.22	SNI 06-6989.51.2005
7	Minyak dan Lemak	mg/L	0.11	Spektrophotometer

Jakarta, 10 - Agustus - 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)


Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Halaman 1 dari 1

- Catatan :
1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
 2. Laporan ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 805 / LAB.2 - LC / VII / 2010
Contoh Dari : **NURHADI**
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 28 Juli 2010
Tanggal Pengujian : 28 Juli 2010 - 04 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Effluent UASB - DHS

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	1.0	Spektrophotometer
2	Ammonia	mg/L	0.10	SNI 06-6989.30.2005
3	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	3.30	SNI 06-6989.22.2004
4	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	1.89	SNI 6989.72 : 2009
5	COD (dichromat)	mg/L	5.45	SNI 6989.73 : 2009
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.04	SNI 06-6989.51.2005
7	Minyak dan Lemak	mg/L	0.06	Spektrophotometer

Jakarta, 10 Agustus 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)

Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Kelaman 1 dari 1

Catatan: 1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Laporan ini tidak boleh dipindahkan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

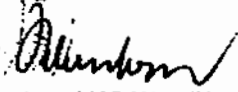
LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 806 / LAB.2 - LC / VII / 2010
Contoh Dari : **NURHADI**
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 28 Juli 2010
Tanggal Pengujian : 28 Juli 2010 - 04 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Effluent DHS

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	1.0	Spektrofotometer
2	Ammonia	mg/L	0.70	SNI 06-6989.30.2005
3	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	15.19	SNI 06-6989.22.2004
4	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	7.23	SNI 6989.72 : 2009
5	COD (dichromat)	mg/L	25.45	SNI 6989.73 : 2009
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.05	SNI 06-6989.51.2005
7	Minyak dan Lemak	mg/L	0.10	Spektrofotometer

Jakarta, 10 - Agustus - 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)


Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Laporan ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 837/LAB.2 - LC / VIII / 2010
Contoh Dari : NURHADI
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 02 Agustus 2010
Tanggal Pengujian : 02 Agustus 2010 - 16 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Sistem UASB-DHS

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Terlarut	mg/L	149.20	SNI 06-2413-1991
2	Kekeruhan	NTU	5.00	Spektrophotometer
3	Warna	Skala Pt Co	65.00	Spektrophotometer
4	Besi (Fe)	mg/L	0.07	SNI 6989.4:2009
5	Fluorida	mg/L	1.32	SNI 06-2482-1991
6	Ca Hardness	mg/L	86.45	SNI 06-6989.12-2004
7	Mg Hardness	mg/L	59.15	SNI 06-6989.12-2004
8	Total Hardness	mg/L	145.60	SNI 06-6989.12-2004
9	Chlorida	mg/L	48.21	SNI 6989.19:2009
10	Chlorine	mg/L		Std.Met. 4500 Cl.G/21st/2005
11	Chromium (Cr)	mg/L	< 0.006	SNI 6989.17:2009
12	Nikel (Ni)	mg/L	< 0.010	SNI 6989.18:2009
13	Phosphat (PO ₄)	mg/L	0.92	SNI 06-2483-1991
14	Seng (Zn)	mg/L	0.03	SNI 6989.7:2009
15	Sulfat (SO ₄)	mg/L	60.30	Std.Met.4500-S ² .D/21 st /2005
16	Sulfida	mg/L	0.03	Std.Met.4500-S2 D/21st/2005
17	Tembaga	mg/L	< 0.006	SNI 6989.6:2009
18	Timah Hitam (Pb)	mg/L	< 0.023	SNI 6989.8:2009
19	Mangan (Mn)	mg/L	0.08	SNI 6989.5: 2009
20	Fenol	mg/L	0.231	IKM/5.4.2/SMM-LL

Keterangan:

*) tidak terdeteksi

Parameter yang terdeteksi telah diakreditasi oleh KAN

No. Akreditasi LP-125-IDN

Jakarta, 20 - Agustus 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)

Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Laporan ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5256174-5209645-5209651-5209653, Fax. 5209643-5265309 Kode Pos 12950
e-mail : labling@jakarta.go.id
JAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 836 / LAB.2 - LC / VIII / 2010
Contoh Dari : NURHADI
Alamat : Jalan Margonda Raya No 14 Depok
Tanggal Penerimaan Contoh : 02 Agustus 2010
Tanggal Pengujian : 02 Agustus 2010 - 16 Agustus 2010
Jenis Contoh : Air Limbah
Tipe Lokasi : Sistem DHS

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Terlarut	mg/L	168.90	SNI 06-2413-1991
2	Kekeruhan	NTU	2.00	Spektrofotometer
3	Warna	Skala Pt Co	48.00	Spektrofotometer
4	Besi (Fe)	mg/L	0.08	SNI 6989.4:2009
5	Fluorida	mg/L	1.26	SNI 06-2482-1991
6	Ca Hardness	mg/L	81.90	SNI 06-6989.12-2004
7	Mg Hardness	mg/L	50.05	SNI 06-6989.12-2004
8	Total Hardness	mg/L	131.95	SNI 06-6989.12-2004
9	Chlorida	mg/L	50.62	SNI 6989.19:2009
10	Chlorine	mg/L		Std.Met. 4500 Cl.G/21st/2005
11	Chromium (Cr)	mg/L	< 0.006	SNI 6989.17:2009
12	Nikel (Ni)	mg/L	< 0.010	SNI 6989.18:2009
13	Phosphat (PO ₄)	mg/L	2.86	SNI 06-2483-1991
14	Seng (Zn)	mg/L	0.02	SNI 6989.7:2009
15	Sulfat (SO ₄)	mg/L	64.60	Std.Met.4500-S ² .D/21 st /2005
16	Sulfida	mg/L	0.02	Std.Met.4500-S2.D/21st/2005
17	Tembaga	mg/L	< 0.006	SNI 6989.6:2009
18	Timah Hitam (Pb)	mg/L	0.05	SNI 6989.8:2009
19	Mangan (Mn)	mg/L	< 0.004	SNI 6989.5: 2009
20	Fenol	mg/L	0.079	IKM/5.4.2/SMM-LL

Keterangan :

*) tidak terdeteksi

Parameter yang terdeteksi telah dideteksi oleh KAN

No. Akreditasi LP-128-IND

Jakarta, 20 Agustus 2010

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
PROVINSI DKI JAKARTA
(Manajer Puncak)

Ir. ANDONO WARIH, MSc
NIP 196801091996031001

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Laporan ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium lingkungan