



Disertasi

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TIPE
GREYWATER MENGGUNAKAN REAKTOR
*UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)***

**SYAFRUDIN
NIM: L5K008014**

**PROGRAM DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2014**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TIPE
GREYWATER MENGGUNAKAN REAKTOR
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)**

**Syafrudin
NIM: L5K008014**

**Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 18 Februari 2014
oleh tim penguji Program Doktor Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro**

Promotor:

Ko-Promotor:

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Dr. Ing. Sudarno, ST, M.Sc

**Program Pascasarjana
Universitas Diponegoro
Direktur,**

**Program Doktor Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Universitas Diponegoro
Ketua,**

**Prof. Dr. dr. Anies, M.Kes,PKK
NIP 195407221985011001**

**Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
NIP 196112281986031004**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TIPE *GREYWATER*
MENGUNAKAN REAKTOR
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)**

Syafrudin
NIM: L5K008014

TIM PENGUJI

Prof. Dr. dr. Anies, M.Kes, PKK
(Penanggungjawab/Ketua Sidang Ujian)

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
(Sekretaris Sidang Ujian/Promotor)

Dr. Ing. Sudarno, ST, MSc
(Ko-Promotor)

Ir. Yuniati, MT, MSc.,Ph.D
(Penguji Eksternal)

Prof. Sudharto P. Hadi, MES, Ph.D
(Penguji)

Dr. Ir. Budiyo, M.Si.
(Penguji)

dr. Onny Setiyani, PhD
(Penguji)

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt.,MES
(Penguji)

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bagi orang tuaku yang telah membesarkan dan membimbingku;
Bagi para guruku yang telah memberi ilmu dan teladan bagiku;
Bagi istri dan anak-anakku yang telah memberi kesempatan dan dukungan bagiku;
Bagi saudara dan sahabatku yang telah berbagi kehidupan denganku;
Bagi almamaterku yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan
serta menuntun arah perjalanan hidupku.*

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertandatangan di bawah:

Nama : **Syafrudin**
NIM : L5K008014
Alamat : Jl. Puspowarno Tengah II No. 7 Semarang 50153

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Disertasi ini asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Diponegoro maupun di Universitas lain.
2. Disertasi ini adalah murni gagasan, rumusan dan hasil penelitian saya sendiri.
3. Setiap idea atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam disertasi ini telah ditulis sumbernya, sesuai dengan standar dan prosedur disiplin ilmu.
4. Disertasi ini disusun berkat bimbingan dari Promotor saya, yakni Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA dan Ko-Promotor Dr. Ing. Sudarno, ST, MSc.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh dan apabila di kemudian hari terbukti dan/atau dapat dibuktikan bahwa disertasi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Mengetahui
Promotor

Semarang, 18 Februari 2014
Yang membuat pernyataan,

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Syafrudin

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas kemudahan yang telah diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Disertasi yang berjudul “Pengolahan Air Limbah Domestik Tipe *Greywater* menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*”. Disertasi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan kapasitas hidrolis terhadap kinerja teknologi Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)* guna mengolah air Limbah Domestik Tipe *Greywater* Kota Semarang.

Dalam kesempatan yang baik ini saya ingin mengucapkan banyak kepada berbagai pihak yang telah membantu proses penyelesaian disertasi ini pada khususnya dan selama menempuh pendidikan di Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro kepada :

Prof. H. Sudharto Prawata Hadi, MES, Ph.D selaku Rektor Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin belajar dan bantuan fasilitas dalam menempuh pendidikan pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro sekaligus sebagai Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan catatan tambahan selama penyusunan disertasi ini;

Prof. Dr. dr. Anies, M.Kes.PKK, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan dan semangat serta koreksi selama penyusunan Disertasi ini.

Ir. H. Bambang Pujiyanto, MT selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah mengizinkan dan semangat serta selama penyusunan Disertasi ini;

Ir. Hj. Sri Eko Wahyuni, MS selaku mantan Dekan Fakultas Teknik yang telah mendorong untuk dapat menempuh pada Program Doktor Ilmu Lingkungan;

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku Promotor dan Ketua Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah membimbing, memberi petunjuk dan mengarahkan selama penelitian dan penyusunan disertasi ini;

Dr. Ing Sudarno, ST, MSc selaku Ko-Promotor yang telah membimbing, memberi petunjuk dan mengarahkan selama penelitian dan penyusunan draft disertasi ini.

Ir. Yuniati, MT, MSc, Ph.D selaku Penguji Eksternal yang juga banyak memberikan koreksi dan catatan tambahan selama penyusunan disertasi ini;

Dr. Ir. Budiyo, MT selaku Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan catatan tambahan selama penyusunan disertasi ini;

dr. Ony Setiani, Ph.D selaku Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan catatan tambahan selama penyusunan disertasi ini;

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt, MES selaku Sekretaris Program Doktor Ilmu Lingkungan yang banyak mengarahkan dan membetulkan terkait administrasi penyusunan disertasi ini;

Mahasiswa Program Sarjana Teknik Lingkungan: Iin Novitasari, V Raras Anindita, Dini Ariyani, Bonis Rekoyoso dan Didin Muhyidin, yang telah membantu penelitian dalam rangka penyusunan disertasi ini;

Sesama Dosen di Program Studi Teknik Lingkungan yang sering dijadikan rujukan konsultasi selama penyusunan disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini jauh dari kesempurnaan namun harapan yang besar agar sumbangan pemikiran guna perbaikan dari naskah disertasi sangat diperlukan. Demikian pengantar disertasi disusun sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari tahapan penyelesaian Program Doktor Ilmu Lingkungan.

Semarang, 18 Februari 2014

Syafrudin

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Penjelasan Judul	iii
Halaman Pengesahan	v
Halaman Persembahan	vii
Pernyataan Keaslian Disertasi	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xvii
Daftar Istilah	xxvii
Daftar Notasi	xxix
Abstract	xxxii
Summary	xxxiii
Abstrak	xliv
Ringkasan	xlvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Pertanyaan Penelitian	8
1.4. Tujuan Penelitian	11
1.5. Manfaat Penelitian	12
1.5.1. Manfaat Akademik	12
1.5.2. Manfaat Praktis	13
1.6. Keaslian Penelitian	13

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Karakteristik <i>Greywater</i>	29
2.2. Teknologi Pengolahan Limbah Secara <i>Biologi</i>	32
2.3. Reaktor <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB)	33
2.3.1. Perkembangan UASB	33
2.3.2. Prinsip Kerja UASB	35
2.3.3. Proses Dekomposisi UASB	37
2.4. Kelebihan dan Kekurangan Reaktor UASB	40

2.5. Indikator Kinerja Pengolahan UASB	41
2.5.1. <i>Hydraulic Retention Time (HRT)</i>	41
2.5.2. <i>Hydraulic Loading Rate (HLR)</i>	43
2.5.3. <i>Organic Loading Rate (OLR)</i>	44
2.5.4. Kecepatan ke atas (<i>Upflow Velocity /Vup</i>)	45
2.6. Faktor Kontrol Pengolahan UASB	47
2.6.1. Suhu	47
2.6.2. Waktu Metabolisme	48
2.6.3. Derajat Keasaman (pH).....	49
2.7. Hubungan antara Debit, Konsentrasi, HRT, Vup, HLR, dan OLR.....	52
2.8. Model Kinetika Proses UASB	53

BAB III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1. Kerangka Teori	57
3.2. Kerangka Konsep.....	63
3.3. Hipotesis Penelitian	64

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Ruang Lingkup.....	69
4.1.1. Ruang Lingkup Penelitian.....	69
4.1.2. Ruang Lingkup Waktu dan Tempat.....	69
4.1.3. Keterbatasan Penelitian	70
4.2. Desain Penelitian	70
4.3. Variabel Penelitian.....	73
4.4. Tahap Penelitian.....	74
4.4.1. Penentuan Variasi Operasional Penelitian.....	76
4.4.2. Bahan dan Alat	83
4.4.3. Operasional Reaktor UASB.....	85
4.4.4. Pembuatan Limbah <i>Artificial</i>	89
4.4.5. Tahap <i>Seeding</i> dan <i>Aklimatisasi</i>	92
4.4.6. Tahap Pengumpulan Data.....	95
4.5. Tahap Analisis Data	96
4.5.1. Uji Normalitas	97
4.5.2. Uji Anova.....	98

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi Pengelolaan Air Limbah Domestik Kota Semarang.....	99
5.1.1. Gambaran Umum Pengelolaan Air Limbah.....	99
5.1.2. Karakteristik Limbah Domestik (Grey Water) Kota Semarang	103
5.2. Hasil Penelitian.....	105
5.2.1. Hasil Data Penyisihan COD.....	105
5.2.2. Hasil Data Penyisihan BOD ₅	127
5.3. Pembahasan	147
5.3.1. Pengaruh <i>Konsentrasi</i> Terhadap Penyisihan COD	147
5.3.2. Pengaruh <i>HRT</i> Terhadap Penyisihan COD	162
5.3.3. Pengaruh <i>HRT</i> Terhadap Penyisihan BOD ₅	173
5.3.4. Pengaruh <i>Debit</i> Terhadap Penyisihan COD.....	185
5.3.5. Pengaruh <i>Debit</i> Terhadap Penyisihan BOD ₅	195
5.3.6. Pengaruh <i>V_{up}/HLR</i> Terhadap Penyisihan COD	206
5.3.7. Pengaruh <i>V_{up}/HLR</i> Terhadap Penyisihan BOD ₅	221
5.4. Model Kinetika Pengolahan Limbah <i>Artificial</i>	235
5.5. Pengaruh Penyisihan dan Efisiensi Penyisihan Terhadap Produktivitas Biogas.....	244
5.5.1. Variasi Reaktor Konsentrasi Tinggi	244
5.5.2. Variasi Reaktor Konsentrasi Sedang-Tinggi	254
5.5.3. Variasi Reaktor Konsentrasi Sedang	263
5.5.4. Variasi Reaktor Konsentrasi Rendah-Sedang.....	270
5.5.5. Variasi Reaktor Konsentrasi Rendah.....	276
5.6. Kondisi Optimum Reaktor UASB.....	283
5.7. Analisis Kinerja Reaktor UASB.....	288
5.7.1. Analisis Kinerja Penyisihan COD	289
5.7.2. Analisis Kinerja Penyisihan BOD ₅	298
5.8. Penerapan Penelitian menggunakan <i>Greywater</i> Limbah Domestik Kota Semarang.....	308
5.8.1. Hasil dan Analisis Penyisihan COD <i>Greywater</i>	309
5.8.2. Hasil dan Analisis Penyisihan BOD ₅ <i>Greywater</i>	316
5.8.3. Analisis Hubungan COD-BOD ₅ <i>Greywater</i> dan Limbah <i>Artificial</i>	320

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	325
6.2. Saran	327
DAFTAR PUSTAKA	329
DAFTAR LAMPIRAN	
I : DATA COD HASIL PENELITIAN	
II : DATA PENELITIAN BOD	
III A : DATA TEMPERATUR HASIL PENELITIAN	
III B : DATA pH HASIL PENELITIAN	
IV : DATA PENGOLAH GREYWATER ASLI	
DATA pH DAN SUHU SERTA BIOGAS GREYWATER ASLI	
V : PROSEDUR ANALISIS COD DAN BOD	

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Penelitian Terdahulu	15
Tabel 2	Kelebihan dan Kekurangan Reaktor UASB.....	40
Tabel 3	Pengaruh Suhu Terhadap Daya Tahan hidup Bakteri	49
Tabel 4	Hasil Uji Karakteristik Limbah Domestik Greywater Perumahan Bukit Semarang Baru	77
Tabel 5	Hasil Uji Karakteristik Limbah Domestik Greywater Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah	78
Tabel 6	Variasi Konsentrasi Influen.....	78
Tabel 7	Hasil Uji Limbah Artificial Tahap I (Trial & Error)	90
Tabel 8	Hasil Uji Limbah Artificial Tahap II (Massa Glukosa)	92
Tabel 9	Data Perhitungan Kebutuhan Nutrien N dan P	94
Tabel 10	Variasi Konsentrasi untuk Tahap Aklimatisasi.....	95
Tabel 11	Pemilikan Sarana Sanitasi Pengelolaan Air Limbah Pemukiman Kota Semarang.....	101
Tabel 12	Penyaluran <i>Greywater</i> Pemukiman Kota Semarang.....	102
Tabel 13	Hasil Analisa Konsentrasi <i>Greywater</i> Pemukiman di Kota Semarang (Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB	104
Tabel 14	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Tinggi.....	106
Tabel 15	Rerata Influen,Efluen dan Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Sedang Tinggi	111
Tabel 16	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Sedang.....	115
Tabel 17	Rerata Influen,Efluen dan Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Rendah-Sedang.	120
Tabel 18	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Rendah	124
Tabel 19	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan BOD5 Konsentrasi Tinggi.....	128
Tabel 20	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan BOD5 Konsentrasi Sedang-Tinggi.....	133
Tabel 21	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan BOD5 Konsentrasi Sedang.....	136

Tabel 22	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan BOD5 Konsentrasi Sedang-Rendah.....	140
Tabel 23	Rerata Influen, Efluen dan Efisiensi Penyisihan BOD5 Konsentrasi Rendah.....	144
Tabel 24	Kinerja Penyisihan COD Reaktor HRT 4 jam.....	148
Tabel 25	Kinerja Penyisihan COD Reaktor HRT 6 jam.....	150
Tabel 26	Kinerja Penyisihan COD Reaktor HRT 8 jam.....	152
Tabel 27	Kinerja Penyisihan COD Reaktor HRT 10 jam.....	155
Tabel 28	Kinerja Penyisihan COD Reaktor HRT 12 jam.....	157
Tabel 29	Pengaruh HRT terhadap Efisiensi Penyisihan COD.	172
Tabel 30	Model Kinetika Pengolahan Limbah <i>Artificial</i> menggunakan UASB....	244
Tabel 31	Matrik Hubungan HLR dan Konsentrasi Influen	284
Tabel 32	Matrik Hubungan Kecepatan Upflow dan Konsentrasi Influen	285
Tabel 33	Matrik Hubungan Debit dan Konsentrasi Influen	286
Tabel 34	Matrik Hubungan HRT dan Konsentrasi Influen	287
Tabel 35	Model Matematis Diagram Pencar Hubungan Konsentrasi Penyisihan (mg/L), Efisiensi Penyisihan (%) Terhadap Konsentrasi Influen.....	297
Tabel 36	Model Matematis Diagram Pencar Hubungan Konsentrasi Penyisihan (mg/L), Efisiensi Penyisihan (%) Terhadap Konsentrasi Influen (mg/l).....	307
Tabel 37	Penyisihan COD (mg/L) <i>Greywater</i> menggunakan reaktor UASB	312
Tabel 38	Efisiensi Penyisihan COD (%) <i>Greywater</i> menggunakan reaktor UASB	313
Tabel 39	Penyisihan BOD5 (mg/L) <i>Greywater</i> menggunakan reaktor UASB	317
Tabel 40	Efisiensi Penyisihan COD (%) <i>Greywater</i> menggunakan reaktor UASB	318
Tabel 41	Perbandingan Koefisien Korelasi Kinerja <i>Greywater</i> dan Limbah <i>Artificial</i>	320

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Reaktor UASB.....	34
Gambar 2	Profil Konsentrasi Zat yang bereaksi A dan bereaksi B.....	56
Gambar 3	Diagram Alir Kerangka Konsep Penelitian.....	63
Gambar 4	Matrik Kerangka Konsep Penelitian Hubungan antar Variabel Variabel Penelitian	67
Gambar 5	Desain Skenario Penelitian Disertasi	72
Gambar 6	Diagram Alir Penelitian.....	75
Gambar 7	Tampak Depan dan Tampak Belakang Rangkaian UASB.....	87
Gambar 8	Skema Rangkaian Reaktor UASB.....	88
Gambar 9	Foto Rangkaian UASB.....	89
Gambar 10	Kurva Penentuan Massa Glukosa untuk Pembuatan Limbah Artifical	91
Gambar 11	Pengelolaan Air Limbah Domestik Kota Semarang	100
Gambar 12	Hubungan Influen dan Efluen COD Konsentrasi Tinggi.....	107
Gambar 13	Efisiensi Penyisihan COD (%) Konsentrasi Tinggi (T).....	108
Gambar 14	Hubungan Influen dan Efluen Konsentrasi Sedang-Tinggi (ST).....	112
Gambar 15	Efisiensi Penyisihan COD (%) Konsentrasi Sedang-Tinggi (ST).....	113
Gambar 16	Hubungan Influen dan Efluen Konsentrasi Sedang (S).....	116
Gambar 17	Efisiensi Penyisihan COD (%) Konsentrasi Sedang (S)	117
Gambar 18	Hubungan Influen dan Efluen Waktu pada Variasi Konsentrasi Rendah-Sedang (RS).....	121
Gambar 19	Efisiensi Penyisihan COD (%) Konsentrasi Rendah-Sedang (RS)	122
Gambar 20	Hubungan Influen dan Efluen COD Konsentrasi Rendah.....	125
Gambar 21	Efisiensi Penyisihan COD (%) Konsentrasi Rendah (R)	126
Gambar 22	Hubungan Influen dan Efluen BOD5 Konsentrasi Tinggi (T)	129
Gambar 23	Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) Konsentrasi Tinggi (T).....	130
Gambar 24	Hubungan Influen dan Efluen BOD5 Konsentrasi Sedang-Tinggi (ST).....	133

Gambar	25	Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) Konsentrasi Sedang Tinggi (ST)	134
Gambar	26	Hubungan Influen dan Efluen BOD5 Konsentrasi Sedang	137
Gambar	27	Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) pada Konsentrasi Sedang (S)	138
Gambar	28	Hubungan Influen dan Efluen BOD5 Konsentrasi Rendah-Sedang (RS)	141
Gambar	29	Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) Konsentrasi Rendah-Sedang (RS).....	142
Gambar	30	Hubungan Influen dan Efluen BOD5 Konsentrasi Rendah (R)	145
Gambar	31	Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) Konsentrasi Rendah (R)	146
Gambar	32	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Konsentrasi HRT 4 Jam	149
Gambar	33	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Konsentrasi HRT 6 Jam	151
Gambar	34	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Konsentrasi HRT 8 Jam	154
Gambar	35	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Konsentrasi HRT 10 Jam ..	156
Gambar	36	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Konsentrasi HRT 12 Jam ..	157
Gambar	37	Efisiensi Penyisihan COD Variasi HRT Konsentrasi Tinggi...	163
Gambar	38	Efisiensi Penyisihan COD Variasi HRT Konsentrasi Sedang-Tinggi	165
Gambar	39	Efisiensi Penyisihan COD Variasi HRT Konsentrasi Sedang..	167
Gambar	40	Efisiensi Penyisihan COD Variasi HRT Konsentrasi Rendah-Sedang	168
Gambar	41	Efisiensi Penyisihan COD Variasi HRT Konsentrasi Rendah .	170
Gambar	42	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi HRT Konsentrasi Tinggi.	174
Gambar	43	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi HRT Konsentrasi Sedang-Tinggi	177
Gambar	44	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi HRT Konsentrasi Sedang	179
Gambar	45	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi HRT Konsentrasi Rendah-Sedang.....	181
Gambar	46	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi HRT Konsentrasi Rendah	182
Gambar	47	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Debit Konsentrasi Tinggi..	187
Gambar	48	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Debit Konsentrasi Sedang-Tinggi	189
Gambar	49	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Debit Konsentrasi Sedang	190
Gambar	50	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Debit Konsentrasi Rendah-Sedang.....	192

Gambar	51	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Debit Konsentrasi Rendah	193
Gambar	52	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Debit Konsentrasi Tinggi.....	197
Gambar	53	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Debit Konsentrasi Sedang-Tinggi.....	198
Gambar	54	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Debit Konsentrasi Sedang.....	200
Gambar	55	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Debit Konsentrasi Rendah-Sedang	202
Gambar	56	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Debit Konsentrasi Rendah	203
Gambar	57	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Tinggi.....	209
Gambar	58	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Sedang-Tinggi.....	211
Gambar	59	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Sedang	214
Gambar	60	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Rendah-Sedang	216
Gambar	61	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Rendah	218
Gambar	62	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Vup/HLR Konsentrasi Tinggi.....	224
Gambar	63	Efisiensi Penyisihan BOD5 Variasi Vup/HLR Konsentrasi Sedang-Tinggi.....	227
Gambar	64	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Sedang.....	228
Gambar	65	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Rendah-Sedang	230
Gambar	66	Efisiensi Penyisihan COD Variasi Vup/HLR Konsentrasi Rendah	232
Gambar	67	Model Kinetika Penyisihan COD <i>Artificial</i> Konsentrasi Tinggi.....	236
Gambar	68	Model Kinetika Penyisihan COD <i>Artificial</i> Konsentrasi Sedang-Tinggi.....	237

Gambar 69	Model Kinetika Penyisihan COD <i>Artificial</i> Konsentrasi Sedang	237
Gambar 70	Model Kinetika Penyisihan COD <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang.....	238
Gambar 71	Model Kinetika Penyisihan COD <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah.....	238
Gambar 72	Model Kinetika Penyisihan BOD5 <i>Artificial</i> Konsentrasi Tinggi	240
Gambar 73	Model Kinetika Penyisihan BOD5 <i>Artificial</i> Konsentrasi Sedang-Tinggi	240
Gambar 74	Model Kinetika Penyisihan BOD5 <i>Artificial</i> Konsentrasi Sedang	241
Gambar 75	Model Kinetika Penyisihan BOD5 <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang.....	241
Gambar 76	Model Kinetika Penyisihan BOD5 <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah.....	242
Gambar 77a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) T4.....	244
Gambar 77b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) T4.....	245
Gambar 78a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) T6.....	247
Gambar 78b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) T6.....	247
Gambar 79a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) T8.....	249
Gambar 79b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) T8.....	249
Gambar 80a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) T10.....	250
Gambar 80b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) T10.....	251
Gambar 81a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) T12.....	252
Gambar 81b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) T12.....	252

Gambar 82a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) ST4.....	254
Gambar 82b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) ST4.....	254
Gambar 83a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) ST6.....	256
Gambar 83b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) ST6.....	256
Gambar 84a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) ST8.....	258
Gambar 84b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) ST8.....	259
Gambar 85a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) ST10.....	259
Gambar 85b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) ST10.....	260
Gambar 86a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) ST12.....	261
Gambar 86b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) ST12.....	261
Gambar 87a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) S4	263
Gambar 87b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) S4	263
Gambar 88a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) S6	264
Gambar 88b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) S6	264
Gambar 89a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) S8	266
Gambar 89b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) S8	266
Gambar 90a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) S10	267
Gambar 90b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) S10	267

Gambar 91a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) S12.....	268
Gambar 91b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) S12.....	269
Gambar 92a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) RS4.....	270
Gambar 92b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) RS4.....	270
Gambar 93a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) RS6.....	271
Gambar 93b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) RS6.....	271
Gambar 94a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) RS8.....	272
Gambar 94b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) RS8.....	273
Gambar 95a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) RS10.....	274
Gambar 95b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) RS10.....	274
Gambar 96a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) RS12.....	275
Gambar 96b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) RS12.....	275
Gambar 97a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) R4.....	276
Gambar 97b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) R4.....	277
Gambar 98a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) R6.....	278
Gambar 98b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) R6.....	278
Gambar 99a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) R8.....	279
Gambar 99b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) R8.....	280

Gambar 100a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) R10.....	281
Gambar 100b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) R10.....	281
Gambar 101a	Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan Produktifitas Biogas (mL) R12.....	282
Gambar 101b	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan Produktifitas Biogas (mL) R12.....	282
Gambar 102	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi COD (%) pada HRT 4 jam.....	294
Gambar 103	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi COD (%) pada HRT 6 jam.....	295
Gambar 104	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi COD (%) pada HRT 8 jam.....	295
Gambar 105	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi COD (%) pada HRT 10 jam.....	296
Gambar 106	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi COD (%) pada HRT 12 jam.....	296
Gambar 107	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi BOD5 (%) pada HRT 4 jam.....	304
Gambar 108	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi BOD5 (%) pada HRT 6 jam.....	305
Gambar 109	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi BOD5 (%) pada HRT 8 jam.....	305
Gambar 110	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi BOD5 (%) pada HRT 10 jam.....	306
Gambar 111	Hubungan Konsentrasi dan Efisiensi BOD5 (%) pada HRT 12 jam.....	306
Gambar 112	Grafik Hubungan Penyisihan COD (mg/L) dan waktu untuk Pengolahan greywater Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah	310
Gambar 113	Grafik Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan waktu untuk Pengolahan Greywater Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah	310
Gambar 114	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Greywater dan Limbah <i>artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah	314

Gambar 115	Grafik Hubungan Penyisihan BOD5 (mg/L) dan waktu untuk Pengolahan greywater Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah	316
Gambar 116	Grafik Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) dan waktu untuk Pengolahan Greywater Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah	316
Gambar 117	Hubungan Efisiensi Penyisihan BOD5 Greywater dan Limbah <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah ..	319
Gambar 118	Hubungan Kinerja Penyisihan COD (mg/L) Greywater dan Limbah <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah ...	321
Gambar 119	Hubungan Efisiensi Penyisihan COD (%) Greywater dan Limbah <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah ...	322
Gambar 120	Hubungan Kinerja Penyisihan BOD5 (mg/L) Greywater dan Limbah <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah ...	322
Gambar 121	Hubungan Efisiensi Penyisihan BOD5 (%) Greywater dan Limbah <i>Artificial</i> Konsentrasi Rendah-Sedang dan Rendah ...	323

DAFTAR ISTILAH

Acetogenesis	Proses pembentukan asetat oleh bakteri pembentuk asetat (Gerardi, 2003)
Anaerobik	Kondisi lingkungan tanpa adanya molekul oksigen (Gerardi, 2003)
Biomassa	Kuantitas seluruh mikroorganisme yang ada pada proses pengolahan (Gerardi, 2003)
<i>Black Water</i>	Air limbah domestik yang berasal dari kakus atau WC (Wendland, 2008)
BOD ₅	<i>Biological Oxygen Demand</i> / banyaknya oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme pada waktu melakukan dekomposisi bahan organik dalam perairan, satuan mg/L (Metcalf dan Eddy, 1991)
<i>COD</i>	<i>Chemical Oxygen Demand</i> / jumlah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam perairan, satuan mg/L (Metcalf dan Eddy, 1991)
<i>Grey Water</i>	Air limbah domestik yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi non kakus (Wendland, 2008)
Hidrolisis	Proses biokimia pada dekomposisi yang melibatkan senyawa kimia dengan tambahan air (Gerardi, 2003)
<i>HRT</i>	<i>Hydraulic Retention Time</i> ; waktu ketika air limbah berada didalam digester anaerobic/ Reaktor satuannya waktu. (Lettinga,2002) dan (AzimiZamanzadeh,2004)
Methanogenesis	Proses pembentukan metan oleh bakteri metanogen (Gerardi, 2003)
<i>Sludge Blanket</i>	lapisan yang terbentuk dari aliran fluida dengan aliran ke atas Vup dalam sistem yang merupakan fungsi terhadap luas permukaan (Hendriati, 1998).
Substrat	Senyawa yang digunakan oleh bakteri untuk memperoleh senyawa karbon dan energy (Gerardi, 2003)

Q (debit)	Debit air limbah, satuan m^3/jam . (Lettinga, 2002) dan (Azimi Zamanzadeh, 2004)
V (Volume)	Volume reaktor, satuan m^3 . (Lettinga,2002) dan (Azimi Zamanzadeh, 2004)
A (luas)	Luas permukaan reaktor, satuan m^2 , (Lettinga,2002) dan (Azimi Zamanzadeh, 2004)
Vup	<i>Upflow Velocity</i> /kecepatan aliran air keatas dalam reaktor, satuan m/jam (Lettinga, 2002).

DAFTAR NOTASI

T	Konsentrasi Tinggi
ST	Konsentrasi Sedang Tinggi
S	Konsentrasi Sedang
RS	Konsentrasi Rendah Sedang
R	Konsentrasi Rendah
T4	Konsentrasi Tinggi pada HRT 4 jam
ST4	Konsentrasi Sedang Tinggi pada HRT 4 jam
S4	Konsentrasi Sedang pada HRT 4 jam
RS4	Konsentrasi Rendah Sedang pada HRT 4 jam
R4	Konsentrasi Rendah pada HRT 4 jam
HRT	Hydraulic Retention Time (jam)
HLR	Hydraulic Loading Rate ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$)
Vup	Upflow Velocity (m/jam)
Q	Debit (L/jam)
A	Luas Penampang Kolom (m^2)
V	Volume Kolom (m^3 atau liter)
BOD	Biology Oxygen Demand (mg/L)
COD	Chemical Oxygen Demand (mg/L)
R^2	Koefisien Determinasi
k	Konstanta laju degradasi
X(Y-Z)	X adalah Rerata; Y adalah minimum ; Z adalah maksimum;
mg/L	miligram per liter
L/jam	liter/jam

ABSTRACT

Semarang City dispose 94,06 % of their domestic greywater into drainage and 5,94 % of them into the ground. This violated Perda Jateng No 5 tahun 2012 about Wastewater Quality Standard because greywater contains 155-1400 mg COD/L and BOD 125-673 mg/L. The contribution of COD disposal is 0.98 to 8.80 g/person/day and BOD is 0.79 to 4.24 g/person/day.

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) is an alternative process to treat greywater. Its working principle is distributing the wastewater in the reactor with upward direction of flow through the sludge blanket with specific hydraulic retention time (HRT). Laboratory scale research using artificial greywater was conducted in 64 days with 5 units of transparent fiber column-shaped UASB reactor with diameter of 10.16 cm and a height of 100 cm, and the outlet's height was 60 cm. Reactors were operated at variations concentration of 155 mg/L-1400 mg/L; HRT 4-12 hours; upflow (V_{up}) 0.05 m/jam-0,15m/jam, and Hydraulic Loading Rate (HLR) 0.05 to 0.15. $m^3/m^2/jam$.

An optimum COD removal efficiency of 48.01 to 77.34% was obtained at 8 hours HRT with with influent COD of 827-867 mg/L. Based on Regression Models the largest BOD and COD removal efficiency were 72.35% and 74.43% thus were achieved at the load concentration 910 mg/L and 962.50 mg/L respectively. BOD₅ elimination kinetics model resulted the degradation rate constant (k) of 0.11/h for loads from 473.76 to 643.10 mg/L and COD removal kinetics model resulted the degradation rate constant (k) of 0.10/h to 960 loads -1480 mg/L.

Research using greywater from domestic wastewater in Semarang at mean COD load of 603.03 mg/L (566.67 to 633.33 mg/L) resulted in the greatest efficiency of 70.84% (from 62.86 to 80.00%). Whereas the average BOD₅ load of 328.44, mg/L (299.78 to 341.57 mg/L) obtained an average efficiency of 69.25% (61.71 to 75.62%). At BOD₅ load of 297-312 mg/L, reactor resulted better efficiency on greywater in comparison to artificial greywater.

COD and BOD removal efficiency has significant relationship with hydraulic capacity (HRT, flowrate, V_{up} , HLR) and the influent concentration. Increasing of HRT decreased flowrate, V_{up} and HLR, however increasing removal efficiency and vice versa. Reactor performed better efficiency removal when applied with real greywater compared than artificial greywater. Biogas pontenty of those reactor was 1 mL/0.06 g/ m^3 COD eliminated.

Based on these results, UASB reactor can be used as one solution to carry out the management and control of receiving water bodies. Further studies on UASB are needed to be implemented in order to obtain the height of the column for practical needs.

Keywords : *Greywater, UASB, HLR, V_{up} and HRT*

SUMMARY

INTRODUCTION

Domestic wastewater, greywater type, in Semarang is mostly disposed to drainage (94.06) and small portion of it absorbed into the ground (5.94%). Greywater that is produced from kitchen activities, laundry and non toilet bathroom wastewater in Semarang has the characteristic of COD content 155 mg/L to 1400 mg/L and BOD content 125 mg/L to 673 mg/L. if this greywater is disposed to drainage system heading to rivers or lakes without no treatment, it is breaking it breaks Regional Reglementation Center of Java Province No. 5 Year 2012 about the Efluent Standart of Domestic Waste Water and can have negative effect on the environment whit the risk of river pollution. This kind of greywater, that being disposed without treatment, is being contributed from every resident as many as 0.98 gram/day to 8.80 gram/day COD and 0.79 gram/day to 4.24 gram/day for BOD. Therefore, greywater needs to be treated first before being disposed to drainage to prevent any pollution caused by this waste.

Considering, (1) the amount of greywater debit that is high enough to be disposed to residential drainage; (2) the difference in characteristic between wastewater in foreign countries/overseas and in Semarang, (3) the climate condition in Semarang that is not the same with climate in foreign areas, especially the temperature; (4) the fact that greywater in Semarang has not been properly manage, (5) and also to prevent the risk of water pollution caused by domestic waste in Semarang, assessment of Domestic Wastewater Greywater Type Treatment System Using Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) is required.

RESEARCH METHOD

This research is quantitative experimental research step one, that is done in laboratory scale taking place in Environmental Engineering Laboratory, Diponegoro University using artificial wastewater with 5 reactor units, each consist of 5 UASB reactors which HRT/HLR/Vup is being varied, debit and concentration operated for 64 days for acclimatization stage and running while seeding stage took 43 days. Column reactor size is 10.61 cm in diameter, 100 cm in height and outlet

hole as tall as 60 cm, equipped with equalization column with the dimensions of 24 x 12 x 8 cm³, wastewater tank with the capacity of 200 liter, effluent basin with 20 liter capacity with water hose to discharge water from the tank to the reactor. For HRT, Vup/HLR setting, it used upward debit setting using infuse tap.

Data collecting process is done using SNI 06-6989.2-2004 for COD measurement and SNI 6989.72-2009 for BOD measurement where sample taken once every 2 to 3 days during 64 days of work days. Artificial wastewater was made based on greywater concentration from urban district of Gabahan and Bukit Semarang Baru Residence, Semarang City.

To analyze the result of this research, mathematical regression approach and scatter diagram, kinetics model, statistic (with the use of SPSS) and also comparison with previous researches were used. Second step of this research used greywater from wastewater produced in Urban district of Gabahan, Semarang with optimum variations obtained from the first step. Furthermore, the result was being analyzed for its tendency if compared to the performance of artificial wastewater.

RESULT AND ANALYSIS

Semarang Greywater Characteristic and Management

Domestic wastewater management in most Sub-districts in Semarang were done by channeling it directly to septic tank for black water, while runoff water from the septic tank were absorbed by the ground or disposed to public drain. According to Pranata *et al*, (2012), the average percentage from the amount of sanitation facilities ownership for Semarang resident's black water, such as *cubluk* (latrine) S shape type, with or without septic tank, is as much as 92.45 %, *cubluk* 5.68 % and those who throw it straight to riverbanks or any different ways is as much as 1.87 %. And for greywater or wastewater that comes from washroom, bathroom, kitchen waste and/or wastewater not from toilet were mostly thrown into public drains or rivers through drainage system (94.06 %), while the other 5.94 % were absorbed by the ground.

Domestic wastewater of Semarang is generated from 60% to 80% of the average clean water consumption which is 120 liter/person/day (PDAM Kota Semarang, 2012). If the average percentage of the city resident's wastewater

effluent is 70% from clean water consumption, then the amount of wastewater effluent in Semarang is as great as 84 liter/person/day. According to Ministry of Public Works (2012), 75 % of domestic wastewater composition is greywater and rest is blackwater. So that, average amount of greywater generated by every citizen in Semarang were estimated 63 liter/person/day.

This research recorded Semarang residential greywater's COD concentration is 155 mg/L-1400 mg/L, while its BOD concentration is 125 mg/L-673 mg/L. Based on characteristic test on the wastewater itself, COD and BOD₅ contents were above Quality Standards stated in Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Year 2012 about Domestic Wastewater Quality Standards. If this wastewater comes into contact with water bodies through drainage system, it will cause water pollution remembering how many pollutants that enter water bodies through drainage system, as much as 0.98-8.8 g/person/day for COD and 0.79-4.24 g/person/day for BOD.

The Effects of HRT and Concentration towards COD and BOD₅ Removal Efficiency.

The operational of this artificial domestic wastewater treatment by using UASB reactor is done at HRT 4, 6, 8, 10 and 12 hours with concentration variations; high concentration 1442.86 mg/L (1420 mg/L-1480 mg/l), medium-high concentration 1131,43 mg/L (1100 mg/L-1160 mg/l), medium concentration 849,53 mg/L (826,70 mg/L-866,70 mg/L), medium-low concentration 558,10 mg/l (520 mg/l-586,67 mg/L) and low concentration 154,76 mg/l (146,67 mg/L-160 mg/l) for COD. And for BOD loading concentrations are high concentration 674,75 mg/L (623,62 mg/L-721 mg/L), medium-high concentration 611,64 mg/L (554,40 mg/L-643,10 mg/l), medium concentration 497,03 mg/L (473,76 mg/L-518,11 mg/L), medium-low concentration 305,31 mg/l (297,02 mg/l-312 mg/L) and low concentration 92,04 mg/l (87 mg/L-96,43 mg/l)

Optimum COD removal efficiency is 77.34 % on medium concentration, while for BOD₅ maximum efficiency is 74.58 % on HRT 12 hours. Thus, the overall optimum condition for artificial wastewater treatment using UASB is in the

range of 38.02%-74.58% for BOD and 39.71%-77.34% for COD on medium concentration (± 788 mg/L).

It can be seen on the result the firm connection between BOD and COD removal efficiency and HRT variables and also influent concentration. By lowering the amount of influent concentration until certain point, removal efficiency will increase, but if influent concentration were too low then removal efficiency would become low, too. Aslan *et al* (2008) said that influent concentration is affecting the degradation stage so that on the same loading level, the removal efficiency is higher on lower influent concentration. On the other side, by increasing HRT, removal efficiency will increase too. This is consistent with the research done by Nugrahini *et al* (2008) and Husin (2008) stating that a long enough staying time/HRT will give more chance for longer contacts between anaerobic sludge with liquid waste/wastewater resulting in a better degradation process of organic materials. Furthermore, if the HRT used were long enough, it would give more opportunity of longer contact between anaerobic sludge and liquid waste (Farajzadehha *et al*, 2012). Mukminin *et al* (2012) expressed that the longer the HRT, the slower the flow velocity in sludge blanket be, thus generating a greater removal efficiency.

On the other side, the decrease of HRT causes an increase of turbulence inside reactor so that the time of contact between wastewater and anaerobic sludge will decline. But, overlong HRT can give negative effect on granulation process of sludge inside UASB reactor (Alphenaar *et al*, 1993), whereas a too brief HRT can caused biomasses to be drifted to the outside of the reactor (Van Haandel, 2006). Therefore, quantitatively this research's result is not conflicted with previous researches.

Judging from the result of Yu *et al* (2003) research that degradation process increased from 84.10% to 89.60% were consistent with the increase in HRT from 4 to 24 hours, but degradation were declining from 65.20% to 51.90% with the rise of influent concentration from 2 to 30 gCOD/L. So the result of HRT variations and influent concentrations of greywater treatment with UASB research is quantitatively not contradictory with Yu *et al* (2003) research in particular and other researches generally.

Effects of Debit and Concentration towards Removal Efficiency.

Conformably with reactor operational which varied with debit Q1 1.215 liter/hr; Q2 0.810 liter/hr; Q3 0.6075 m³/hr; Q4 0.4860 liter/hr serta Q5 0.4050 liter/hr that is designed so that during the operational of UASB reactor the stability of its debit can be maintained.

The largest range for average COD removal efficiency is at Q 0.405 L/hr which is 48.01% -77.34%. Based on influent loading concentration, The largest range for average COD removal efficiency is 39.71% -77.34 % for medium concentration (827 mg/L-867 mg/L). The largest range for average BOD removal efficiency is at Q 0.405 L/hr reaching 44.47% -74.58%. While for concentration variations, The largest range for average BOD removal efficiency is between 38.02% and 74.58% which happened on medium concentration range (473.76 mg/L-518.11 mg/L).

From this research, it is shown that the bigger the debit, COD removal efficiency will become lower. It is consistent with the result of Darmayanti (2002) research which stated that prolongiation of reaction time will resulted in a better organic elimination. It is because when flow rate is becoming slower then biodegradation process of organic compounds existed in waste will well lasted, because the contact between microorganisms and the waste it self takes quite a long time (Nugrahini, 2008). Indriani research (2007) expressed that debit and concentration of artificial waste can affect treatment reactor's efficiency hydraulically. A higher amount of debit can cause a low detention time causing a non optimal contacts between biomass cells and organic materials. With that consideration, this research's result qualitatively is appropriate with previous researches.

According to Said (2000) and Indriani (2007), a smaller debit followed with a great wastewater quality will produce higher treatment efficiency. A smaller debit makes contacts time that happens between wastewater and microorganisms on biofilm surface, longer. This resulted in a higher chance for microorganisms to degrade organism compound. It means, quantitatively, this research, which based on debit and influent concentration variations, confirms previous researches.

Effects of HLR and Concentration towards Removal Efficiency.

Hydraulic Loading Rate (HLR) is wastewater flow rate inside treatment reactor that is directly proportional with debit and inversely proportional with reactor's broad cross-section. The operational of artificial waste treatment reactor is varied with HLR 0.15 m³/m²/hr; HLR 0.10 m³/m²/hr; HLR 0,075 m³/m²/hr ; HLR 0,06 m³/m²/hr and HLR 0,05 m³/m²/hr which is set based on reactor debit to keep the stability.

The result shows that when HLR value is lower, on the same concentration load, removal efficiency for both COD and BOD increases. It fits with the result of Aslan et Sekerdag (2006) research that explains COD removal efficiency level will decrease if hydraulic and organic loading increases. On the same hydraulic loading level, removal efficiency on lower concentration is higher. According to Mahmoud (2003) in Mussavi (2010) the enhancement of UASB reactor performance to treat wastewater is caused by the system's flow rate and influent distribution on reactor's broad cross-section. Therefore qualitatively this research on HLR variations and influent concentration for greywater treatment with UASB confirms previous researches.

The result of this research for HLR variations and influent concentrations can be concluded as follows:

- a. The largest range for average COD removal efficiency is at HLR 0.05 m³/m²/hr, which is 48.01 % - 77.34 %. Based on the load of influent concentration, the largest range for average COD removal efficiency is 39.71 % - 77.34 % from medium concentration variation (827 mg/L-867 mg/L).
- b. The largest range for average BOD removal efficiency is at HLR 0.05 m³/m²/hr, reaching 44.47 %-74.58 %. While for concentration variations, the largest range for average BOD removal efficiency is 38.02 % -74.58 % which happened on medium concentration range (473.76 mg/L-518.11 mg/L).

The Effect of *V_{up}* and Concentration towards Removal Efficiency.

Upflow velocity or *V_{up}* is the flow rate to pass through cross section part of UASB reactor with quantity that is directly proportional with debit and inversely proportional with reactor surface. Operational variations of *V_{up}* were determined

as: Vup 0.15 m/hr; Vup 0.10 m/hr; Vup 0.075 m/hr; Vup 0.06 m/hr and Vup 0.05 m/hr which arrangement were based on the reactor's debit so its stability can be maintained. This research's result for Vup variations and influent concentrations can be concluded as follows:

- a. The largest range for average COD removal efficiency at Vup 0.05 m/hr is 48.01% -77.34%. Based on influent concentration load, the largest range for average COD removal efficiency is 39.71% -77.34 % for medium concentration variation (827 mg/L-867 mg/L).
- b. The largest range for average BOD removal efficiency at Vup 0.05 m/hr reaches 44.47%-74.58%, while for concentration variation, the largest range for average BOD removal efficiency is between 38.02% -74.58% which occur on medium concentration range (473,76 mg/L-518,11 mg/L).

Then, the optimum COD removal efficiency, with concentration variation, is 77.34% at medium concentration and for BOD₅ the maximum efficiency is 74.58 % in Vup 0.05 m/hr condition.

Substrate degradation can be increased too and stimulating organisms growth. According to Kalyuzhnyi *et al* (2006) and Korsak (2008) Vup for research is usually between 0.1 to 1.4 m/hr inside the reactor depending on reactor's volume. Vup must be maintained to create sludge blanket that gives a wide area for contacts to take place (Moertinah, 2010). Achmad (1999) and Yasser *et Tabinda* (2010) said that a high upflow velocity will produce a not good contact between substrate and biomass therefore the efficiency will also increase. But Kristaufan (2010) expressed that the lower upflow velocity gets or the longer detention time takes, it is going to result in a higher COD removal efficiency. On the other side according to Ali *et al* (2007) upflow velocity decrease has two contrary effects which are increasing the contact time between biomass and substrate so the removal gets better; or lessening the mixing inside the reactor and disturbing the contact between biomass and substrate. Alphenaar *et al* (1993) stated upflow velocity can intensify hydraulic shear force that triggers the solid trapped in sludge resulting system performance to decline, besides that it can also fastened the collision between suspended particles and sludge that can increase efficiency.

Therefore qualitatively the result of this research on Vup variation and influent concentration for greywater treatment with UASB solidifies previous researches, that if Vup is higher, then the efficiency will become lower as stated by Achmad (1999), Ali et al (2007) ; Yasser et Tabinda (2010), and Kristaufan (2010).

Hydraulic Capacity (HRT, Debit, HLR/Vup) and Influent Concentration Effects towards Artificial Wastewater Removal Efficiency.

Based on explanation above, specifically it can be said that a longer HRT creates higher removal efficiency for both COD and BOD on the same concentration load. And the bigger the debit then removal efficiency is also smaller because contact time or HRT between biomass and substrate is shorter. This research also shown that a lower HLR and Vup, on the same concentration load, resulted in higher removal efficiency for both BOD and COD because of the increase of contact time between biomass and substrate so the removal is better; while an increase and decrease in loading concentration have a great impact on COD and BOD removal efficiency.

Therefore it can be concluded that there is a reciprocal relationship between hydraulic capacity (HRT, Debit, HLR and Vup) and Influent Concentration towards Removal Efficiency in artificial waste treatment with UASB.

Greywater Treatment Performance of Semarang

Research using greywater from the Village Residential Zone Gabahan Middle District of Semarang Semarang do the same with artificial wastewater operations research. The study was conducted with variations of HRT 8 hours on UASB reactor diameter 10.61 cm, height 100 cm, height 60 cm and the outlet hole system operated triplo (3 reactors) and the time of seeding for 10 days shorter than the period of seeding studies using artificial waste almost 43 day. In order to maintain the 8 -hour operation at HRT, the operations performed during the upward flow control measures to control the discharge 0.6075 L/Hour has always maintained that the measurement is done 2 times a day morning and evening. Original greywater needs every day 14.58 L each reactor so that the daily requirement of L rounded 43.74 45 L per day. To maintain the freshness of

greywater influent fulfillment is performed to a capacity of 90 L ketersediaanya done for over a period of 2 days. For COD and BOD5 sampling is done every day.

Research results mean COD concentration for reactor RLA81 of 411.36 mg/L (375.00 mg/L-441,67 mg/L), for the average COD removal for Reactor RLA82 of 416.29 % (383.33 mg/L - 445,83mg/L) and for the average COD removal for Reactor RLA83 of 427.27 mg/L (366.67 mg/L-466, 67mg/L). For the magnitude of the average COD removal efficiency in the reactor RLA81 obtained for 68.23 % (64.38% -72.60 %), to the average efficiency of 69.09 % RLA82 Reactor (63.01% -75.71 %) and for the average COD removal efficiency of 70.84 % RLA83 Reactor (62.86 % -80.00 %).

Furthermore, to see the performance Greywater treatment on the performance of the artificial wastewater used graphical method. Consider the conditions when running on the study of artificial wastewater for 7 days then a sample taken from greywater treatment dive the same period. For comparators used Low-Moderate concentration variation with influent concentration of 558.10 mg/L (520 mg/L-587 mg/L) and the average efficiency of 52.16% (45.00% -62.79%). Another comparator used is a variation of concentration Medium with average influent concentration of 849.52 mg/L (827 mg/L-867 mg/L) and the average efficiency of 63.65% (60.32% -68.75%).

The results of the study also noted the average influent BOD5 was 328.44 mg/L (299.78 mg/L-341, 57 mg/L), with a mean concentration of BOD5 allowance for RLA81 reactor was 220.60 mg/L (201.38 mg/L-244, 97 mg/L), for the average allowance for Reactor RLA82 BOD5 of 222.37 mg/L (201.98 mg/L-237, 05mg/L) and for the mean elimination BOD5 untuk RLA83 reactor at 227.74 mg/L (200.18 mg/L-253, 08mg/L). So that the average removal efficiency was obtained at a mean BOD5 removal efficiency of 67.15% RLA81 reactor (62.75% -73.00%), to the average efficiency of 67.69% RLA82 Reactor (63.36% -71.74%) and for the average BOD5 removal efficiency of 69.25% RLA83 Reactor (61.71% -75.62%).

The results of the study of greywater Gabahan Village Residential Zone District of Central Semarang Semarang can be described: as shown below:

Effects of Removal Efficiency towards Biogas Productivity

Based on the result of the research it is obtained that higher COD removal efficiency (mg/L) resulted in greater biogas productivity (mL). Since acclimatization reached 50 % until running, research on UASB reactor with high concentration (680mg/L -1480 mg/L) with average removal value as many as 614.16 mg/L COD, produced 40.70mL biogas. While on medium-high concentration (470 mg/L-1200mg/L), the biogas produced as many as 25.16 mL with average removal value 444.67 mg/L COD. On medium concentration (420 mg/L-880 mg/L) with average removal value 385.91mg/L COD, the biogas produced as many as 15.36 mL. For medium low concentration (120mg/L-586,67mg/L) with average removal value 241.17mg/L COD, it produced 15.74 ml biogas. This research also show for low concentration (73,33mg/L-160 mg/L) with average removal value 39.24mg/L COD produced 5.76 mL biogas.

Overall result based on calculation of every 1 mg/L COD removal of artificial wastewater generated biogas as many as 0.06 mL.

CONCLUSION AND SUGGESTION

Conclusion

1. Domestic wastewater treatment in Semarang for black water from toilets is directly channeled to septic tank with catchment in each house as many as 92.45% while the other 7.55 % uses another facilities. While for greywater produced from sinks, bathrooms, kitchen activities, etc or those that don't come from toilets are disposed to public drainage/rivers (94.06 %) and absorbed by the ground (5.94 %) with average generation value 63 L/person/day for every Semarang resident. COD concentration content in Semarang greywater is 155 mg/L-1400 mg/L and its BOD₅ range is 125 mg/L-673 mg/L. It can be concluded that COD dan BOD₅ contents were above Quality Standards in Peraturan Daerah Kota Semarang No 5 Year 2012 about Wastewater Quality Standards. If this greywater disposed to drainage system, it could risk polluting water bodies as many as 0.98 - 8,8 g/person/day for COD and 0.79 – 4.24 g/person/day for BOD₅.

2. From this research, it is shown that there's a definite relationship between COD and BOD₅ removal efficiency with hydraulic capacity (HRT, debit, Vup and HLR) and influent concentration that if HRT is higher; debit is smaller; Vup/HLR is lower, then treatment efficiency is higher and vice versa.
3. Maximum COD removal efficiency is 77.34 % and maximum efficiency for BOD₅ is 74.58 % at medium concentration and HRT 12 hours. And optimum removal efficiency range is 38.02%-74.58% for BOD₅ and 39.71%-77.34% for COD in domestic wastewater greywater type using UASB with influent concentration ± 788 mg/L.
4. COD dan BOD₅ removal performance of Urban district of Gabahan, Semarang greywater treatment with HRT 8 hours is better than Medium-Low concentration variation in artificial wastewater treatment. In contrary, COD dan BOD₅ removal performance of artificial wastewater treatment with HRT 8 hours on Medium concentration is better than the performance of Urban district Gabahan, Semarang greywater treatment with the same amount of HRT.
5. Biogas productivity in UASB is proportional with the amount of COD removal concentration. Based on the overall research per 1 mg/L COD removal in average the biogas produced is as many as 0.06 mL.

Suggestion

1. Implementation of Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Year 2012 about Domestic Wastewater Quality Standards for developing residential area needs to be improved, for instance putting the regulation inside the licensing procedure to build residential area for developer and in building permit for ordinary people to build houses and etc.
2. Performing wastewater treatment technology by using UASB can be used as one of the solution for any party interested in building housing complex, apartment, hotels and like, in order to participate in environmental management and environmental damage control especially of public waters as a manifestation of the mandate written in Undang-undang Pengelolaan dan Pengendalian Lingkungan Hidup No 32 Year 2008.

3. In order of scientific development aligned with the need for domestic wastewater handling, it is required to do further research of domestic wastewater greywater type treatment by using UASB reactor related to its efficiency based on stratification.

ABSTRAK

Penanganan air limbah *greywater* di kota Semarang sebanyak 94,06 % dibuang ke saluran drainase dan 5,94 % diresapkan ke dalam tanah. Hal ini melanggar Perda No 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah karena *greywater* memiliki kandungan COD 155-1400 mg/L dan BOD 125-673 mg/L. Kontribusi pembuangan COD sebesar 0,98-8,80 gram/orang/hari dan BOD 0,79 - 4,24 gram/orang/hari.

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) adalah salah satu alternatif pengolahan *greywater*. Prinsip kerjanya adalah mendistribusikan air limbah dalam reaktor dengan arah aliran ke atas melalui *sludge blanket* dengan *hydraulic retention time* (HRT) tertentu. Penelitian skala laboratorium menggunakan *artificial greywater* dilakukan selama 64 hari dengan 5 unit reaktor UASB yang terbuat dari bahan fiber transparan berbentuk kolom diameter 10,16 cm dan tinggi 100 cm, dan lubang outlet 60 cm. Variasi yang dilaksanakan meliputi variasi konsentrasi dengan rentang 155 mg/L – 1400 mg/L; variasi HRT 4-12 jam; variasi kecepatan aliran ke atas (V_{up}) 0,05m/jam-0,15m/jam; dan variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) 0,05–0,15 m³/m²/jam.

Penelitian menghasilkan rerata efisiensi penyisihan COD optimum sebesar 48,01-77,34% pada variasi HRT 8 jam dan dengan beban konsentrasi 827 mg/L-867 mg/L. Model Optimasi Regresi menghasilkan efisiensi penyisihan BOD terbesar 72,35 % untuk beban konsentrasi 910 mg/L dan efisiensi penyisihan COD terbesar 74,43 % untuk beban konsentrasi 962,50 mg/L. Model kinetika penyisihan BOD₅ menentukan konstanta laju degradasi (k) sebesar 0,11/jam untuk beban 473,76-643,10 mg/L dan model kinetika penyisihan COD menghasilkan konstanta laju degradasi (k) sebesar 0,10/jam untuk beban 960-1480 mg/L.

Penelitian menggunakan *greywater* dari limbah domestik Kota Semarang dengan variasi operasional optimum dan rerata konsentrasi beban 603,03 mg/L (566,67-633,33 mg/L) menghasilkan efisiensi terbesar 70,84% (62,86-80,00%). Sedangkan untuk BOD₅ dengan beban konsentrasi rerata 328,44,mg/L (299,78-341,57 mg/L) diperoleh rerata efisiensi terbesar 69,25% (61,71-75,62%). Pengolahan *greywater* dari limbah domestik Kota Semarang memiliki kinerja yang lebih baik daripada pengolahan *artificial greywater* pada variasi beban BOD₅ 297-312 mg/L.

Efisiensi penyisihan COD dan BOD memiliki hubungan dengan kapasitas hidrolis (HRT, debit, V_{up} , HLR) dan konsentrasi influen. HRT semakin besar, debit semakin kecil, V_{up} /HLR semakin kecil maka efisiensi akan meningkat demikian pula sebaliknya. Penyisihan COD BOD₅ pada pengolahan *greywater* dari limbah domestik Kota Semarang dengan HRT 8 jam memiliki kinerja yang lebih baik dari pengolahan *artificial greywater*. Setiap 1 g/m³ COD menghasilkan 0,06 mL biogas.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka reaktor UASB dapat dijadikan salah satu solusi untuk melaksanakan pengelolaan dan pengendalian lingkungan perairan. Penelitian lebih lanjut mengenai UASB perlu dilaksanakan agar didapatkan ketinggian kolom yang sesuai dengan kebutuhan praktis di lapangan.

Kata Kunci : *Greywater, UASB, HLR, V_{up} dan HRT*

RINGKASAN

PENDAHULUAN

Penanganan air limbah domestik tipe *greywater* di kota Semarang sebagian besar dibuang ke saluran drainase (94,06%) dan sebagian kecil diresapkan ke dalam tanah (5,94%). *Greywater* yang dihasilkan dari kegiatan dapur, cucian dan kamar mandi non kakus Kota Semarang memiliki karakteristik kandungan COD 155 mg/L hingga 1400 mg/L dan kandungan BOD 125mg/L hingga 673 mg/L. Apabila *greywater* ini dibuang ke saluran drainase menuju sungai atau danau tanpa pengolahan akan melanggar Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah karena melebihi baku mutu yang boleh dibuang. Sehingga akan berdampak terhadap lingkungan yakni resiko terjadinya pencemaran sungai. Kontribusi pembuangan *greywater* tanpa pengolahan ini setiap orang sebesar 0,98 gram/hari hingga 8,80 gram /hari COD dan 0,79 gram/hari hingga 4,24 gram /hari untuk BOD. Oleh karena itu *greywater* ini perlu diolah lebih dahulu sebelum dibuang ke saluran drainase agar dapat dihindari pencemaran air akibat limbah ini.

Mempertimbangkan (1) cukup besarnya debit *greywater* yang dibuang ke saluran drainase dari permukiman; (2) berbedanya karakteristik air limbah di luar negeri dan di kota Semarang (3) kondisi iklim di Semarang berbeda dengan iklim di luar negeri terutama suhu; (4) belum terkelolaanya dengan baik *greywater di kota Semarang* (5) serta menghindari resiko pencemaran air akibat limbah domestik di kota Semarang, maka perlu dikaji sistem Pengolahan Air limbah Domestik Tipe *Greywater* menggunakan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). Adapun tujuan penelitian adalah menganalisa pengelolaan air limbah domestik dan karakteristik timbulannya Kota Semarang; menganalisis dan menentukan pengaruh kapasitas hidrolik (*HRT*, Debit, *Vup*, *HLR*) terhadap efisiensi penyisihan COD dan BOD pengolahan *greywater* menggunakan *UASB*; menganalisis dan menentukan pengaruh konsentrasi influen terhadap efisiensi penyisihan COD dan BOD pada pengolahan *greywater* menggunakan *UASB*; menentukan efisiensi optimum terkait konsentrasi dan kapasitas hidrolik pada penyisihan COD dan BOD pengolahan *greywater* menggunakan *UASB* serta

menentukan hubungan antara produktifitas biogas/metana dengan kinerja pengolahan greywater dengan menggunakan UASB;

METODE PENELITIAN

Mengingat penelitian adalah penelitian ekperimentasi kuantitatif tahap pertama dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dengan limbah *artificial* menggunakan 5 unit reaktor masing-masing terdiri 5 reaktor UASB yang divariasikan terhadap *HRT/HLR/Vup*, Debit serta konsentrasi yang dioperasikan selama 64 hari untuk tahapan aklimatisasi dan running sedangkan tahapan seeding selama 43 hari. Ukuran reaktor kolom berdiameter 10,61 cm, tinggi 100 cm dan lubang outlet setinggi 60 cm dilengkapi dengan kolam equalisasi ukuran 24 x 12 x 8 cm³, tangki limbah kapasitas 200liter, bak efluen kapasitas 20 liter dengan selang air untuk mengalirkan air dari tangki ke reaktor. Untuk pengaturan HRT, Vup/HLR digunakan pengaturan debit keatas dengan menggunakan kran infus.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan SNI 06-6989.2-2004 untuk pengukuran COD dan SNI 6989.72-2009 untuk pengukuran BOD dimana sampel diambil selama 2-3 hari sekali selama 64 hari kerja. Limbah *artificial* dibuat atas dasar konsentrasi limbah greywater dari permukiman Kelurahan Gabahan dan Perumahan Bukit Semarang Baru Ngalian Kota Semarang.

Analisa hasil penelitian dilakukan dengan pendekatan matematis regresi dan diagram pencar, model kinetika, statistik dengan perangkat SPSS serta komparasi dengan penelitian terdahulu (journal). Penelitian Tahap kedua dengan menggunakan air limbah *greywater* dari Kelurahan Gabahan Kota Semarang dengan variasi optimum yang diperoleh dari penelitian tahap pertama. Selanjutnya hasil dianalisis kecenderungannya bila dibandingkan dengan kinerja limbah *artificial*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan dan Karakteristik Greywater Kota Semarang.

Pengelolaan air limbah domestik pada umumnya di berbagai Kecamatan di Kota Semarang dilakukan dengan cara untuk *black water*, atau air limbah dari

toilet, langsung dialirkan menuju septik tank atau tangki septik, sedangkan air limpasan dari tangki septik diresapkan ke tanah atau dibuang ke saluran umum. Menurut Pranata dkk, (2012), prosentase rerata jumlah pemilikan sarana sanitasi untuk blackwater penduduk Kota Semarang seperti tipe cubluk leher angsa dengan atau tanpa tangki septik sebesar 92,45%, cubluk 5,68% serta mereka yang membuang langsung ke sungai atau lainnya jumlahnya 1,87%. Sedangkan *Grey water* atau air limbah yang berasal dari kamar cuci, kamar mandi, buangan dapur, dan atau limbah bukan berasal dari toilet dibuang langsung ke saluran umum/sungai melalui saluran drainase sebanyak 94,06% sedangkan yang diresapkan kedalam tanah 5,94%.

Besar timbulan air limbah domestik sebesar 60% hingga 80% dari rerata konsumsi air bersih penduduk Kota Semarang sebesar 120 liter/orang hari (PDAM Kota Semarang, 2012). Bila prosentase buangan air limbah penduduk rata-rata 70% dari konsumsi air maka besar timbulan air limbah domestik penduduk kota Semarang sebesar 84 liter/orang/hari. Menurut Kementerian PU (2012), kandungan 75 % air limbah domestik itu adalah jenis *greywater* dan sisanya *blackwater*. Sehingga rerata besar timbulan *greywater* diperkirakan 63 liter/ orang/hari untuk setiap penduduk Kota Semarang.

Hasil penelitian mencatat konsentrasi COD *greywater* Pemukiman Kota Semarang sebesar 155mg/L-1400 mg/L sedangkan konsentrasi BOD sebesar 125mg/L-673 mg/L. Berdasarkan hasil uji karakteristik air limbah tersebut kandungan COD dan BOD5 dapat disimpulkan berada diatas Baku Mutu sesuai Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sehingga jika *greywater* Kota Semarang ini keperairan melalui jaringan drainase akan berdampak terjadinya pencemaran air. Mengingat cukup besarnya cemaran yang masuk ke perairan melalui sistem drainase sebesar 0,98 - 8,8 g/orang/hari untuk COD dan 0,79 – 4,24 g/orang/hari untuk BOD.

Pengaruh *HRT* dan *Konsentrasi* terhadap Efisiensi Penyisihan COD dan BOD₅.

Operasional penelitian pengolahan air limbah domestik *artificial* menggunakan reaktor UASB ini dilakukan pada HRT 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam

dan HRT 12 jam dengan variasi konsentrasi tinggi 1442,86 mg/L (1420 mg/L-1480 mg/l), konsentrasi sedang tinggi 1131,43 mg/L (1100 mg/L-1160 mg/l), konsentrasi sedang 849,53 mg/L (826,70 mg/L-866,70 mg/L), konsentrasi rendah-sedang 558,10 mg/l (520 mg/l-586,67 mg/L) dan konsentrasi rendah 154,76 mg/l (146,67 mg/L-160 mg/l) untuk COD. Sedangkan untuk konsentrasi pembebanan BOD adalah konsentrasi tinggi 674,75 mg/L (623,62 mg/L-721 mg/L), konsentrasi sedang tinggi 611,64 mg/L (554,40 mg/L-643,10 mg/l), konsentrasi sedang 497,03 mg/L (473,76 mg/L-518,11 mg/L), konsentrasi rendah-sedang 305,31 mg/l (297,02 mg/l-312 mg/L) dan konsentrasi rendah 92,04 mg/l (87 mg/L-96,43 mg/l)

Efisiensi penyisihan COD optimum hasil penelitian 77,34% pada konsentrasi sedang dan untuk BOD₅ efisiensi maksimum sebesar 74,58 % pada kondisi HRT 12 jam. Dengan demikian secara keseluruhan kondisi optimum pengolahan air limbah *artificial* menggunakan UASB memiliki kinerja efisiensi pengolahan pada rentang 38,02%-74,58% untuk BOD₅ dan 39,71%-77,34% untuk COD pada konsentrasi Sedang (± 788 mg/L).

Penelitian juga memperlihatkan hubungan yang erat antara efisiensi penyisihan COD dan BOD dengan variabel HRT dan konsentrasi influen. Dengan menurunkan nilai konsentrasi influen hingga titik tertentu maka efisiensi penyisihan akan meningkat. Namun bila konsentrasi influen terlalu rendah maka efisiensi penyisihan akan menjadi rendah. Aslan et Sekerdag (2008) konsentrasi influen mempengaruhi tingkat degradasi sehingga pada tingkat pembebanan yang sama efisiensi penyisihan lebih tinggi pada konsentrasi influen yang rendah. Disisi lain, dengan meningkatkan HRT maka efisiensi penyisihan semakin meningkat. Hal ini selaras dengan penelitian Nugrahini dkk (2008) dan Husin (2008) menyatakan bahwa waktu tinggal/ HRT yang cukup lama akan memberi kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerob dengan limbah cair sehingga proses penguraian zat organik menjadi lebih baik. Lebih jauh, bila HRT yang digunakan cukup lama maka akan memberi kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerob dengan limbah cair (Farajzadehha et al, 2012). Mukminin (2012) menyatakan bahwa semakin lama HRT maka semakin lambat kecepatan aliran dalam sludge blanket sehingga efisiensi penyisihan semakin besar. Sebaliknya, penurunan HRT menyebabkan peningkatan turbulensi dalam reaktor sehingga waktu kontak air

limbah dengan lumpur anaerob akan menurun. Walaupun demikian, HRT yang sangat lama dapat memberi pengaruh negatif pada proses granulasi lumpur dalam reaktor UASB (Alphenaar et al, 1993). Sedangkan HRT yang sangat singkat juga dapat menyebabkan terhanyutnya biomassa keluar reaktor (Van Haandel, 2006). Oleh karena itu hasil penelitian secara kualitatif juga tidak bertentangan dengan penelitian sebelumnya.

Mempertimbangkan hasil penelitian Yu et al (2003) bahwa proses degradasi meningkat dari 84,10% menjadi 89,60% selaras dengan peningkatan HRT dari 4 jam ke 24 jam, tetapi degradasi menurun dari 65,20 % ke 51,90% dengan kenaikan konsentrasi influen dari 2 hingga 30 gCOD/L. Sehingga hasil penelitian variasi HRT dan konsentrasi influen pengolahan greywater dengan UASB secara kuantitatif tidak bertentangan dengan hasil penelitian Yu *et al* (2003) pada khususnya dan penelitian lainnya sebelumnya pada umumnya.

Pengaruh Debit dan Konsentrasi terhadap Efisiensi Penyisihan COD dan BOD₅.

Selaras operasional reaktor yang divariasikan dengan debit Q1 1,215 liter/jam; Q2 0,810 liter/jam; Q3 0,6075 m³/jam; Q4 0,4860 liter/jam serta Q5 0,4050 liter/jam yang diatur sedemikian rupa selama operasional reaktor UASB agar dapat dijaga kestabilan debitnya.

Rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar pada Q 0,405 L/jam yakni 48,01% -77,34%. Berdasarkan beban konsentrasi influen, rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar 39,71% -77,34 % untuk variasi konsentrasi sedang (827 mg/L-867 mg/L). Rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar pada Q 0,405 L/jam mencapai 44,47% -74,58%. Sedangkan untuk variasi konsentrasi, rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar antara 38,02% -74,58% terjadi pada rentang konsentrasi sedang (473,76 mg/L-518,11 mg/L).

Penelitian juga menunjukkan debit semakin besar efisiensi penyisihan COD juga semakin kecil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Darmayanti (2002) yang menyatakan bahwa untuk perpanjangan waktu reaksi akan menghasilkan penyisihan organik yang lebih baik. Hal ini karena semakin rendah laju alir maka proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah

berlangsung baik, karena kontak antara mikroorganisme dengan limbah berlangsung cukup lama (Nugrahini, 2008). Penelitian Indriani (2007) menyatakan debit dan konsentrasi limbah *artificial* dapat mempengaruhi efisiensi reaktor pengolahan secara hidrolis. Debit yang besar dapat menyebabkan reandahnya waktu detensi sehingga tidak optimalnya kontak antara sel biomassa dengan zat organik. Dengan pertimbangan tersebut, hasil penelitian secara kualitatif cocok dengan penelitian sebelumnya.

Menurut Said (2000) dan Indriani (2007) menyatakan bahwa semakin kecil debit yang diikuti oleh besarnya kualitas air limbah akan menghasilkan efisiensi pengolahan yang tinggi. Debit yang kecil membuat waktu kotak yang terjadi antara air limbah dengan mikroorganisme pada lapisan biofilm semakin lama. Sehingga kesempatan mikroorganisme mendegradasi senyawa organisme semakin besar. Ini berarti hasil penelitian secara kuantitatif atas dasar variasi *debit dan konsentrasi influen* mempertegas hasil penelitian sebelumnya.

Pengaruh HLR dan Konsentrasi terhadap Efisiensi Penyisihan.

Hydraulic Loading Rate (HLR) adalah merupakan kecepatan aliran limbah didalam reaktor pengolahan yang berbanding lurus dengan debit dan berbanding terbalik dengan luas penampang reaktor. Operasional reaktor pengolah limbah *artificial* divariasikan dengan HLR 0,15 m³/m²/jam; HLR 0,10 m³/m²/jam; HLR 0,075 m³/m²/jam ; HLR 0,06 m³/m²/jam serta HLR 0,05 m³/m²/jam yang diatur berdasarkan debit reaktor agar dapat dijaga kestabilannya.

Hasil penelitian menunjukkan makin kecil HLR pada beban konsentrasi yang sama efisiensi penyisihan baik untuk COD maupun BOD makin meningkat. Hal ini sesuai penelitian Aslan et Sekerdag (2006) menyatakan tingkat efisiensi penyisihan COD menurun bila pembebanan hidrolis dan organik meningkat. Pada tingkat pembebanan hidrolis yang sama, efisiensi penyisihan yang dicapai lebih tinggi pada konsentrasi yang lebih rendah. Menurut Mahmoud (2003) dalam Mussavi (2010) peningkatan kinerja reaktor UASB mengolah limbah cair disebabkan oleh sistem kecepatan aliran dan pemerataan influen pada penampang reaktor. Oleh karena itu secara kualitatif penelitian variasi HLR dan konsentrasi influen untuk pengolahan greywater dengan UASB mempertegas penelitian sebelumnya.

Secara kuantitatif hasil penelitian untuk variasi HLR dan konsentrasi influen dapat disimpulkan bahwa rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar pada HLR $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ yakni 48,01% -77,34%. Berdasarkan beban konsentrasi influen, rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar 39,71% -77,34 % untuk variasi konsentrasi sedang (827 mg/L-867 mg/L). Sedangkan rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar pada HLR $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ mencapai 44,47%-74,58%. Sedangkan untuk variasi konsentrasi, rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar antara 38,02% -74,58% terjadi pada rentang konsentrasi sedang (473,76 mg/L-518,11 mg/L).

Pengaruh *Vup* dan Konsentrasi terhadap Efisiensi Penyisihan COD dan BOD₅.

Kecepatan keatas (*Vup*) adalah kecepatan aliran untuk melewati bagian penampang melintang dari reaktor UASB dengan besaran berbanding lurus debit dan berbanding terbalik dengan permukaan reaktor. Variasi operasional *Vup* ditentukan *Vup* 0,15 m/jam; *Vup* 0,10 m/jam; *Vup* 0,075 m/jam ; *Vup* 0,06 m/jam serta *Vup* 0,05 m/jam yang pengaturannya didasarkan atas debit reaktor agar dapat dijaga kestabilannya. Secara kuantitatif hasil penelitian untuk variasi *Vup* dan konsentrasi influen dapat rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar pada *Vup* 0,05 m/jam yakni 48,01% -77,34%. Berdasarkan beban konsentrasi influen, rentang rerata efisiensi penyisihan COD terbesar 39,71% -77,34 % untuk variasi konsentrasi sedang (827 mg/L-867 mg/L). Sedangkan rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar pada *Vup* 0,05 m/jam mencapai 44,47%-74,58%. Sedangkan untuk variasi konsentrasi, rentang rerata efisiensi penyisihan BOD terbesar antara 38,02% -74,58% terjadi pada rentang konsentrasi sedang (473,76 mg/L-518,11 mg/L). Efisiensi penyisihan COD optimum variasi konsentrasi sebesar 77,34% pada konsentrasi sedang dan untuk BOD₅ efisiensi maksimum sebesar 74,58 % pada kondisi *Vup* 0,05 m/jam.

Menurut Kalyuzhnyi *et al* (2006) dan Korsak (2008) *Vup* untuk penelitian biasanya berkisar antara 0,1 hingga 1,4 m/jam dalam reaktor yang bergantung pada volume reaktor. Kecepatan keatas(*Vup*) harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga dapat menciptakan sludge blanketyang memberikan area yang luas unuk kontak (Moertinah,2010). Achmad (1999) dan Yasser et Tabinda (2010)

menyatakan kecepatan upflow yang tinggi akan menyebabkan kontak yang baik antara substrat dan biomassa sehingga efisiensi juga meningkat. Namun Kristaufan (2010) menyatakan semakin kecil kecepatan upflow atau semakin lama waktu detensi akan memberi peningkatan efisiensi penyisihan COD. Disisi lain menurut Ali et al (2007) penurunan kecepatan upflow memiliki 2 efek berlawanan yaitu dapat meningkatkan waktu kontak antara biomassa dan substrat sehingga penyisihan menjadi lebih baik; atau mengurangi pencampuran dalam reaktor dan mengganggu kontak antara biomassa dan substrat. Alphenaar et al (1993) menyatakan peningkatan kecepatan upflow dapat meningkatkan gaya geser hidrolis yang memicu zat padat yang terperangkap dalam lumpur sehingga kinerja sistem turunan disamping itu dapat juga mempercepat tumbukan antara partikel tersuspensi dan lumpur yang meningkatkan efisiensi.

Oleh karena itu secara kualitatif hasil penelitian pada variasi V_{up} dan konsentrasi influen untuk pengolahan greywater dengan UASB mempertegas penelitian sebelumnya yakni makin tinggi V_{up} maka makin rendah efisiensinya sebagaimana dinyatakan oleh Achmad (1999), Ali et al (2007) ; Yasser et Tabinda (2010), dan Kristaufan (2010).

Pengaruh Kapasitas *Hidrolik (HRT, Debit, HLR/V_{up}) dan Konsentrasi Influen terhadap Efisiensi Penyisihan limbah Artificial.*

Berdasarkan urian diatas, secara khusus dapat dinyatakan bahwa semakin lama waktu tinggal (HRT) maka semakin besar efisiensi penyisihan COD dan BOD pada beban konsentrasi yang sama. Semakin besar debit efisiensi penyisihan juga semakin kecil karena waktu kontak/ HRT antara biomassa dan substrat semakin pendek. Disisi lain, hasil penelitian juga menunjukkan makin kecil HLR dan V_{up} pada beban konsentrasi yang sama efisiensi penyisihan baik untuk COD maupun BOD makin meningkat karena dapat meningkatkan waktu kontak antara biomassa dan substrat sehingga penyisihan menjadi lebih baik; Sedangkan konsentrasi pembebanan makin besar dan makin rendah sangat berpengaruh pada efisiensi penyisihan COD dan BOD.

Oleh karena itu dapat disimpulkan ada hubungan timbal balik antara kapasitas hidrolis (HRT, Debit, HLR, dan Vup) dan Konsentrasi Influen terhadap Efisiensi Penyisihan pada pengolahan limbah *artificial* dengan UASB

Kinerja Pengolahan Greywater Kota Semarang

Penelitian dengan menggunakan *greywater* dari Kawasan Pemukiman Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah Kota Semarang dilakukan sama dengan operasional penelitian limbah *artificial*. Penelitian dilakukan dengan variasi HRT 8 jam pada reaktor UASB berdiameter 10,61 cm; tinggi 100cm; tinggi lubang outlet 60 cm dan dioperasikan sistem triplo (3 reaktor) dan waktu seeding selama 10 hari yang lebih pendek dari masa *seeding* penelitian yang menggunakan limbah *artificial* hampir 43 hari.

Guna mempertahankan operasional pada HRT 8 jam, maka selama operasional dilakukan tindakan pengendalian aliran keatas dengan kontrol debit 0,6075 L/Jam selalu terjaga yang pengukurannya dilakukan sehari 2 kali pagi dan sore hari. Kebutuhan *greywater* asli setiap harinya 14,58 L setiap reaktornya sehingga kebutuhan perhari 43,74 L dibulatkan 45 L perhari. Untuk menjaga kesegaran *greywater* maka pemenuhan kebutuhan influen ini dilakukan untuk kapasitas 90 L yang ketersediaanya dilakukan selama selama kurun waktu 2 hari sekali. Untuk pengambilan sampel COD dan BOD₅ dilakukan setiap hari.

Hasil penelitian diperoleh rerata konsentrasi penyisihan COD untuk reaktor RLA81 sebesar 411,36 mg/L (375,00 mg/L-441,67 mg/L); untuk rerata penyisihan COD untuk Reaktor RLA82 sebesar 416,29% (383,33 mg/L-445,83mg/L) dan untuk rerata penyisihan COD untuk Reaktor RLA83 sebesar 427,27 mg/L (366,67 mg/L-466,67mg/L). Untuk besarnya rerata efisiensi penyisihan COD pada reaktor RLA81 diperoleh sebesar 68,23% (64,38%-72,60%) ; untuk rerata efisiensi Reaktor RLA82 sebesar 69,09% (63,01%-75,71%) dan untuk rerata efisiensi penyisihan COD Reaktor RLA83 sebesar 70,84% (62,86%-80,00%).

Untuk melihat kinerja pengolahan *Greywater* terhadap kinerja pengolahan air limbah *artificial* maka digunakan metode grafik. Mempertimbangkan pada saat kondisi *running* pada penelitian limbah *artificial* selama 7 hari maka sebagai sampel dari pengolahan *greywater* diambil selama kurun waktu yang sama. Untuk

pembandingan digunakan variasi konsentrasi Rendah-Sedang dengan konsentrasi influen 558,10 mg/L (520 mg/L-587 mg/L) dan rerata efisiensi 52,16% (45,00%-62,79%). Pembandingan lain yang digunakan adalah variasi konsentrasi Sedang dengan rerata konsentrasi influen sebesar 849,52 mg/L (827 mg/L-867 mg/L) dan rerata efisiensi sebesar 63,65% (60,32%-68,75%). Kinerja penyisihan COD dan BOD₅ pengolahan *greywater* Kelurahan Gabahan Kota Semarang dengan HRT 8 jam lebih baik dari variasi konsentrasi Rendah-Sedang pengolahan limbah *artificial*. Sebaliknya kinerja penyisihan COD dan BOD₅ pengolahan limbah *artificial* dengan HRT 8 jam pada konsentrasi Sedang lebih baik dari kinerja pengolahan *greywater* Kelurahan Gabahan Kota Semarang dengan HRT yang sama.

Hasil penelitian juga mencatat rerata influen BOD₅ adalah 328,44 mg/L (299,78 mg/L-341,57 mg/L); dengan rerata konsentrasi penyisihan BOD₅ untuk reaktor RLA81 sebesar 220,60 mg/L (201,38 mg/L-244,97 mg/L); untuk rerata penyisihan BOD₅ untuk Reaktor RLA82 sebesar 222,37mg/L (201,98mg/L-237,05mg/L) dan untuk rerata penyisihan BOD₅ untuk Reaktor RLA83 sebesar 227,74 mg/L (200,18 mg/L-253,08mg/L). Sehingga rerata efisiensi penyisihan diperoleh rerata efisiensi penyisihan BOD₅ pada reaktor RLA81 sebesar 67,15% (62,75%-73,00%) ; untuk rerata efisiensi Reaktor RLA82 sebesar 67,69% (63,36%-71,74%) dan untuk rerata efisiensi penyisihan BOD₅ Reaktor RLA83 sebesar 69,25% (61,71%-75,62%).

Pengaruh Efisiensi Penyisihan terhadap produktifitas biogas

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh konsentrasi penyisihan COD (mg/L) semakin besar maka produktifitas biogas (mL) semakin besar. Sejak aklimatisasi 50% hingga running, penelitian pada reaktor UASB konsentrasi tinggi (680mg/L - 1480 mg/L) dengan besar rerata penyisihan sebesar 614,16mg/L COD menghasilkan biogas 40,70mL. Sedangkan pada konsentrasi sedang-tinggi (470 mg/L-1200mg/L) menghasilkan biogas 25,16 mL dengan rerata penyisihan sebesar 444,67mg/L COD. Pada konsentrasi sedang (420 mg/L-880 mg/L) dengan besar rerata penyisihan sebesar 385,91mg/L COD menghasilkan biogas 15,36 mL. Untuk konsentrasi rendah sedang (120mg/L-586,67mg/L) dengan besar rerata penyisihan

sebesar 241,17mg/L COD menghasilkan biogas 15,74 mL. Penelitian juga menghasilkan untuk konsentrasi rendah (73,33mg/L-160 mg/L) dengan besar rerata penyisihan sebesar 39,24mg/L COD menghasilkan biogas 5,76 mL.

Hasil penelitian secara keseluruhan berdasarkan hasil perhitungan setiap penyisihan 1mg/L COD limbah *artificial* menghasilkan biogas sebesar 0,06 mL.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1 Penanganan air limbah domestik di Kota Semarang untuk *blackwater dari toilet* langsung dialirkan menuju tangki septik dengan resapan di masing-masing rumah sebesar 92,45% dan sisanya 7,55% menggunakan fasilitas lain. Sedangkan untuk *greywater* yang berasal dari bak cuci, kamar mandi, buangan dapur, dan sebagainya atau bukan berasal dari toilet dibuang langsung ke saluran umum/ sungai melalui saluran drainase (94,06%) dan diresapkan kedalam tanah (5,94%) dengan besar rerata timbulannya 63 L/orang/hari untuk setiap penduduk Kota Semarang. Kandungan konsentrasi COD *greywater* Kota Semarang 155 mg/L-1400 mg/L dan rentang BOD₅ nya 125 mg/L-673 mg/L. Sehingga kandungan COD dan BOD₅ dapat disimpulkan berada diatas Baku Mutu sesuai Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jika *greywater* tersebut dibuang ke jaringan drainase akan beresiko mencemari badan penerima air sekitar sebesar 0,98 - 8,8 g/orang/hari untuk COD dan 0,79 - 4,24 g/orang/hari untuk BOD₅.
- 2 Hasil penelitian memperlihatkan terdapat hubungan yang erat antara efisiensi penyisihan COD dan BOD₅ dengan kapasitas hidrolis (*HRT*, debit, *V_{up}* dan *HLLR*) dan konsentrasi influen bahwa *HRT* semakin besar, debit semakin kecil, *V_{up}*/*HLLR* semakin kecil maka efisiensi pengolahan semakin besar demikian pula sebaliknya.
- 3 Efisiensi penyisihan COD maksimum sebesar 77,34% dan efisiensi maksimum untuk BOD₅ sebesar 74,58 % pada pada konsentrasi sedang dan *HRT* 12 jam. Sedangkan rentang efisiensi optimum penyisihan sebesar 38,02%-74,58% untuk BOD₅ dan 39,71%-77,34% untuk COD pada pengolahan air limbah

domestik tipe *greywater* menggunakan UASB untuk konsentrasi influen sebesar ± 788 mg/L.

- 4 Kinerja penyisihan COD dan BOD₅ pengolahan *greywater* Kelurahan Gabahan Kota Semarang dengan HRT 8 jam lebih baik dari variasi konsentrasi Rendah-Sedang pengolahan limbah *artificial*. Sebaliknya kinerja penyisihan COD dan BOD₅ pengolahan limbah *artificial* dengan HRT 8 jam pada konsentrasi Sedang lebih baik dari kinerja pengolahan *greywater* Kelurahan Gabahan Kota Semarang dengan HRT yang sama.
- 5 Produktifitas biogas pada penggunaan UASB sebanding dengan besarnya konsentrasi penyisihan COD. Berdasarkan penelitian secara keseluruhan per 1mg/L penyisihan COD secara rata-rata menghasilkan biogas sebesar 0,06 mL.

Saran

1. Pelaksanaan Penerapan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk pengembangan kawasan permukiman perlu ditingkatkan misalnya dengan memasukkan didalam prosedur perijinan membangun kawasan permukiman bagi pengembang dan surat ijin mendirikan bangunan bagi masyarakat yang akan membangun rumah dan sejenisnya.
2. Kinerja teknologi pengolahan air limbah UASB dapat dijadikan salah satu solusi bagi para pihak yang akan membangun perumahan, apartemen, perhotelan dan sejenisnya dalam rangka ikut serta melakukan pengelolaan lingkungan dan pengendalian kerusakan lingkungan terutama perairan umum sebagai perwujudan amanah Undang-undang Pengelolaan dan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 32 tahun 2008.
3. Dalam rangka pengembangan keilmuan selaras kebutuhan penanganan limbah domestik perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengolahan limbah domestik tipe *greywater* menggunakan reaktor UASB terkait efisiensi berdasarkan atas stratifikasi penyisihan COD dan BOD sepanjang struktur kolom reaktor UASB sehingga dapat ditentukan ketinggian kolom sesuai kebutuhan praktis di lapangan.