

**STUDI PENGARUH PERSENTASE VOLUME LUMPUR AWAL
(10%, 20%, 30%) DENGAN PENAMBAHAN MEDIA DAN
TANPA MEDIA PADA *SLUDGE BLANKET* MENGGUNAKAN
REAKTOR UASB**

SKRIPSI

Oleh:

**Trio Romario
125100901111031**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



HALAMAN JUDUL

**STUDI PENGARUH PERSENTASE VOLUME LUMPUR AWAL
(10%, 20%, 30%) DENGAN PENAMBAHAN MEDIA DAN
TANPA MEDIA PADA *SLUDGE BLANKET* MENGGUNAKAN
REAKTOR UASB**

Oleh:

Trio Romario

125100901111031

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : Studi Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal (10%, 20%, 30%) Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada *Sludge Blanket* Menggunakan Reaktor UASB

Nama Mahasiswa : Trio Romario
NIM : 125100901111031
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama, Pembimbing Kedua,

Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST, MT Dr. Ir. Ruslan Wirosoedarmo,
MS. NIP. 196760512 200812 2 001 NIP. 19530112 198003 1 003

Tanggal Persetujuan : Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Studi Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal (10%, 20%, 30%) Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada *Sludge Blanket* Menggunakan Reaktor UASB

Nama Mahasiswa : Trio Romario
NIM : 125100901111031
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST, MT. Dr. Ir. Ruslan Wirosoedarmo, MS.
NIP. 196760512 200812 2 001 NIP. 19530112 198003 1 003

Dosen Penguji III,

Prof. Dr. Ir. Bambang Suharto, MS
NIP. 19530112 198003 1 003

Ketua Jurusan,

Dr. Ir. J. Bambang Rahadi W., MS
NIP. 19560205 198503 1 003

Tanggal lulus TA :

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Muara Enim, Sumatera Selatan pada tanggal 14 Juli 1994 dari Bapak Margito dan Ibu Zulkainah. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Kakak pertama dari penulis bernama Harry Juwanda dan kakak kedua dari penulis bernama Dwi Krisna Yudha.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 18 Muara Enim pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Muara Enim pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Muara Enim pada tahun 2012.

Tahun 2012 penulis mulai masuk ke bangku kuliah dan tahun 2016 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Di masa pendidikan perguruan tinggi, penulis aktif kegiatan akademik sebagai asisten praktikum Mekanika Fluida pada tahun 2013 dan sebagai asisten praktikum Teknik Konservasi Lingkungan pada tahun 2015.

Kegiatan non akademik yang dijalani sebagai anggota Action for Environment (CARE) periode 2012 – 2013. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam bidang olahraga ikutserta dalam acara tahunan di Universitas Brawijaya yaitu Olimpiade Brawijaya mewakili kontingen futsal FTP pada tahun 2014.

LEMBAR PERUNTUKAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Alhamdulillahirobbil 'Alamin ...
Karya kecil ini saya dedikasikan kepada
keluarga tercinta Bapak Margito,
Ibu Zulkainah, kedua saudara saya kakak Harry
Juwanda dan Dwi Krisna Yudha,
sahabat-sahabat tercinta, serta pembaca
dan
semoga dapat bermanfaat.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Trio Romario
NIM : 125100901111031
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Tugas Akhir : Studi Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal (10%, 20%, 30%) Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada *Sludge Blanket* Menggunakan Reaktor UASB

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, April 2016
Pembuat Pernyataan,

Trio Romario
NIM. 125100901111031

Trio Romario. 125100901111031. Studi Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal (10%, 20%, 30%) dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Pada *Sludge Blanket* Menggunakan Reaktor UASB. TA. Pembimbing: Dr. Liliya Dewi Susanaeati, ST, MT. dan Dr. Ir. Ruslan Wirosodarmo, MS.

RINGKASA

Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartement, dan asrama (Permen LH No 5 Tahun 2014). Limbah cair bukan hanya dihasilkan dari hasil proses industri, namun juga dihasilkan dari kegiatan rumah tangga atau biasa disebut sebagai limbah cair domestik. Air limbah rumah tangga (domestik) dapat dibagi dalam dua kategori. Pertama adalah air limbah dari kakus atau WC yang diistilahkan sebagai air buangan tinja (black water) dengan kandungan organik tinggi. Kategori air limbah rumah tangga kedua adalah air limbah rumah tangga bekas mandi, cuci dan air limbah dapur non kakus (grey water) selain terdapat kandungan organik yang cukup tinggi dan biasanya juga tercampur dengan dengan deterjen bekas air cucian.

Reaktor yang digunakan adalah reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), dengan prinsip pengolahan anaerobik dengan bantuan mikroorganisme. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) menjadi salah satu alternatif pengolahan greywater. Prinsip kerjanya dengan mendistribusikan air limbah dalam reaktor dengan arah aliran ke atas melalui sludge blanket dengan hidraulic retention time (HRT) tertentu.

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan media dalam reaktor UASB pada sludge blanket dan variasi persentase volume lumpur awal pada sludge blanket terhadap efektivitas penurunan konsentrasi COD, BOD dan Kadar Lemak. Pengujian dan analisa data hasil penelitian ini dilakukan dengan metode statistika Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk mengetahui besarnya tingkat penurunan COD, BOD dan Kadar Lemak.

Penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak dengan reaktor UASB pada pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan media mencapai efektivitas rata-rata removal pada kandungan BOD sebesar 91% dan tanpa penambahan media sebesar 77%. Efektivitas rata-rata removal pada kandungan COD menggunakan media sebesar 97% dan tanpa penambahan media sebesar 92%. Efektivitas rata-rata removal pada kandungan minyak lemak menggunakan media sebesar 79% dan tanpa penambahan media sebesar 79%.

Kata Kunci : Limbah Domestik, *Greywater*, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)



Trio Romario. 125100901111031. Study Effect of Percentage Initial Sludge (10%, 20%, 30%) with the addition Media and without Media on Sludge Blanket using Reactor UASB. TA. Supervisor: Dr. Liliya Dewi Susanaeati, ST, MT. and Dr. Ir. Ruslan Wirosodarmo, MS.

SUMMARY

Domestic Wastewater is water Stemming From business and or settlement activities, restaurants, office, commerce, apartments and dormitories. The liquid waste is not only produced from the process industry , but also generated from household activities or commonly known as domestic waste. Household wastewater (domestic) can be divided into two categories. The first is the wastewater from latrines or toilets is termed as fecal waste water (black water) with high organic content. Categories household wastewater second is a former household waste water showers, laundry and kitchen waste water non latrines (gray water) in addition there is a fairly high organic content and usually mixed with water marks laundry detergent.

The reactor used is Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor (UASB), the anaerobic treatment principle with the help of microorganisms. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) is one of the alternative treatment of greywater. The principle works by distributing the waste water in the reactor with the direction of flow upward through the sludge blanket with a hydraulic retention time (HRT) certain.

This research was carried out by adding the media in the sludge blanket of UASB reactor and the initial sludge volume percentage variation in the sludge blanket on the effectiveness of a decrease in the concentration of Chemical Oxygen Demand, Biological Oxygen demand and Fat level. The examination and analysis of the research data is by statistical method randomized block design (RAK) to determine the rate of decline in Chemical Oxygen Demand, Biological Oxygen Demand and Fat level.

A decrease in the content of Biological Oxygen demand, Chemical Oxygen Demand and fatty oils with UASB reactors in domestic wastewater treatment by using the media reaches the

average effectiveness of the content of Biological Oxygen demand removal of 91% and without the addition of media by 77 %. The average effectiveness of removal Chemical Oxygen Demand by using the media content of 97% and without the addition of media by 92 %. The average effectiveness of removal fatty oils by using media content of 79% and without the addition of media by 79 %.

Keywords : Waste Domestically, Greywater, Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat kasih, rahmat dan anugerah-Nya, penyusun dapat menyelesaikan proposal skripsi ini. Proposal skripsi berjudul “Studi Penurunan Konsentrasi COD, BOD Dan Kadar Lemak Pada Pengolahan Limbah Doestik Menggunakan Reaktor UASB: Kajian Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada *Sludge Blanket*”. Tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi Tugas Akhir dalam rangka memperoleh Gelar Sarjana 1. Dalam penyusunan proposal skripsi ini, penyusun mendapat dukungan dan masukan, sehingga penyusun ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Liliya Dewi Susanawaati, ST. MT., selaku pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu dan pengetahuan kepada penyusun.
2. Dr. Ir. Ruslan Wirosoedarmo, MS., selaku dosen pembimbing kedua atas segala perbaikan, saran dan masukan kepada penyusun.
3. Prof. Dr. Ir. Bambang Suharto, MS., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Kedua orang tua dan kedua saudara yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
5. Seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
6. Dr. Eng. Evi Kurniati, STP, MT., Novia Lusiana, STP, M. Si. dan Satwika Desantina M., ST, MT., yang telah memberikan perbaikan dan saran kepada penyusun.
7. Teman-teman Gamping yang telah membantu penelitian dari awal sampai akhir.
8. Teman-teman angkatan 2012 dan Teknik Lingkungan 2012 yang telah member dukungan dan semangat kepada penyusun.

Penyusun menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman dalam penyusunan proposal skripsi ini,

penyusun mengharap saran dan masukan untuk penulisan skripsi ini. Akhir kata penyusun mengharapkan skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja yang membaca.

Malang, April 2016

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
LEMBAR PERUNTUKAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Definisi Limbah	7
2.2 Jenis-Jenis Limbah	8
2.3 Karakteristik <i>Greywater</i>	10
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	12
2.5 Pengolahan Limbah Cair.....	13
2.6 Reaktor UASB (<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>)	20
2.7 Media	23
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan.....	31
3.2 Alat Dan Bahan.....	31
3.3 Metode	32
3.4 Pelaksanaan	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45

4.1 Limbah Cair Domestik MCK Terpadu	45
4.1.1 MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas	45
4.1.2 Karakteristik Limbah Pada MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas	46
4.2 Pembuatan <i>Start-Up</i> Lumpur	47
4.3 Proses Aktifasi Media Batu Kerikil Dengan HCl	49
4.4 Kinerja Reaktor UASB	50
4.4.1 Kualitas Limbah Cair Domestik	50
4.4.2 Pengaruh <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> Terhadap Perubahan Kualitas Limbah Cair Domestik.....	55
4.4.3 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter BOD	66
4.4.4 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter COD	68
4.4.5 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter Lemak	70
4.4.6 Analisi Variasi Persentase Volume Lumpur Awal Dan Penggunaan Media Dengan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan BOD, COD Dan Lemak	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN	103

DAFTAR TABEL

Nomer	Teks	Halaman
1	Parameter air untuk pemanfaatan greywater pada sektor pertanian	11
2	Baku Mutu Air Limbah Domestik	12
3	Keterangan Bagian Desain UASB	39
4	Baku Mutu Air Limbah Domestik	52
5	Kualitas Air Limbah Domestik Hasil Pengujian PERUM Jasa Tirta 1	53
6	Perbandingan Hasil Uji Awal Limbah Domestik Dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik	53
7	Hasil Pengukuran Uji BOD dengan Reaktor UASB	57
8	Hasil Pengukuran Uji COD dengan Reaktor UASB	57
9	Hasil Pengukuran Uji Minyak Lemak dengan Reaktor UASB	58
10	Perbandingan Efektivitas Penurunan Kandungan BOD, COD dan Minyak Lemak	60
11	Efisiensi Penurunan Kandungan BOD	66
12	Efisiensi Penurunan Kandungan COD	69
13	Efisiensi Penurunan Kandungan Minyak Lemak	71
14	Efektivitas Penurunan Kandungan BOD	75
15	Efektivitas Removal Kandungan BOD	75
16	Pengaruh Penambahan Media dan Tanpa Media dengan Volume Lumpur terhadap Kandungan BOD.	79
17	Efektivitas Penurunan Kandungan COD	82
18	Efektivitas Removal Kandungan COD	82
19	Pengaruh Penambahan Media dan Tanpa Media dengan Volume Lumpur terhadap Kandungan BOD	82
20	Efektivitas Penurunan Kandungan Minyak Lemak ...	89
21	Efektivitas Removal Kandungan Minyak Lemak	90

DAFTAR GAMBAR

Nomer	Teks	Halaman
1	Desain Reaktor UASB	21
2	Diagram Alir Metode Penelitian	34
3	Diagram Alir Metode Penelitian (Media)	35
4.	Diagram Alir Metode Penelitian (Tanpa Media).....	36
5	Desain UASB	37
6.	Desain UASB.....	38
7	Bagian Desain UASB	38
8	MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas	46
9	Proses Pembuatan Startup Lumpur	48
10	Grafik Penurunan BOD	61
11	Grafik Penurunan COD.....	63
12	Grafik Penurunan Minyak Lemak.....	65
13	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan BOD.....	77
14	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan BOD.	77
15	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan COD.....	84
16	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan COD.	84
17	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan COD.....	91
18	Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan Minyak Lemak ...	91

DAFTAR LAMPIRAN

Nomer	Teks	Halaman
1	Dokumentasi Penelitian.....	103
2	Hasil Pengukuran Limbah Cair Dari PERUM Jasa Tirta I.....	107
3	Rekap Hasil Pengukuran Kadar BOD, COD, Minyak Lemak Dan Rerata Nilai Akhir (HRT 8 jam).....	112
4	Daftar Rumus Yang Dipakai Pada Pembuatan Laporan	114
5	Perhitungan COD	116
6	Perhitungan BOD	119
7	Perhitungan Minyak Lemak.....	122



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartement, dan asrama (Permen LH No 5 Tahun 2014). Limbah cair bukan hanya dihasilkan dari hasil proses industri, namun juga dihasilkan dari kegiatan rumah tangga atau biasa disebut sebagai limbah cair domestik. Air limbah rumah tangga (Domestik) dapat dibagi dalam dua kategori. Pertama adalah air limbah dari kaskus atau WC yang diistilahkan sebagai air buangan tinja (*black water*) dengan kandungan organik tinggi. Kategori air limbah rumah tangga kedua adalah air limbah rumah tangga bekas mandi, cuci dan air limbah dapur non kakus (*grey water*) selain terdapat kandungan organik yang cukup tinggi dan biasanya juga tercampur dengan deterjen bekas air cucian.

Semakin pesat pertumbuhan penduduk menyebabkan semakin banyak pula air limbah yang dihasilkan menyebabkan semakin buruk kualitas air permukaan sehingga diperlukan pengolahan yang tepat. Menurut Eiger and Smith (2002), *greywater* tanpa pengolahan jika masuk ke lingkungan perairan berpotensi meningkatkan COD dan BOD, yang berakibat berkurangnya nilai oksigen terlarut "*dissolved oxygen*" (DO). Menurunnya kandungan DO di perairan maka akan mempengaruhi kehidupan ikan dan biota air lainnya. Selain itu, masuknya air limbah domestik ke perairan juga dapat menimbulkan bau yang tidak enak dan resiko terjadinya "*eutrofikasi*". Besarnya resiko pencemaran air maka *greywater* air limbah domestik diharapkan dilakukan

pengolahan lebih dahulu sebelum dialirkan ke badan air permukaan (sungai dan danau).

Pengolahan air limbah secara umum dibagi menjadi tiga jenis diantaranya pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Pemilihan pengolahan air limbah harus dipilih sesuai dengan karakteristik air limbah tersebut. Pengolahan limbah cair terdiri dari pengolahan secara fisik, pengolahan secara kimia dan pengolahan secara biologis. Seiring perkembangan pengolahan secara biologis lebih banyak dilakukan karena lebih simple dan menghemat tempat pengolahan. Pengolahan secara biologis terdiri dari dua jenis yaitu secara aerobik dan anaerobik. Menurut Nugroho (2007), alternatif pengolahan yang paling ekonomis dan sederhana dalam mengolah *greywater* adalah proses pengolahan biologi yang terbagi menjadi 2 yakni proses aerob yang membutuhkan oksigen dan proses anaerob adalah proses biologi tanpa bantuan oksigen. Pengolahan aerobik terdiri dari dua proses yaitu proses oksidasi dan proses fermentasi lewat enzim yang dikeluarkan oleh bakteri contoh *activated sludge*, *biological contact media*, *aerated lagoon* dan stabilisasi dengan fotosintesa.

Menurut Mangunwidjaja dan Suryani (1994), dalam penanganan limbah secara aerobik seperti lagooning atau dengan aerasi merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan dan diterapkan secara luas dalam pengolahan limbah, dan teknik ini merupakan penanganan yang paling banyak menggunakan pengendalian mikroba. Kekurangan proses aerob adalah dihasilkannya padatan (*sludge*) yang cukup banyak tiap kg COD yang diolah, hal ini dapat menjadi masalah baru dalam penanganan padatan (*sludge*) yang dihasilkan tersebut. Kekurangan lain pengolahan limbah secara aerob adalah permasalahan konsumsi energi yang mana diperlukan 0,7 – 4,4 KWh tiap kg VS (*Volatile Solids*) yang dioksidasi.

Pengelolaan air limbah domestik telah banyak dikembangkan melalui proses pengolahan secara aerobik

dan anaerobik. Pengolahan limbah domestik dengan proses anaerobik memiliki keunggulan dapat menghasilkan produksi biogas dan menghasilkan produksi lumpur yang lebih kecil, dibandingkan dengan proses aerobik serta cocok untuk limbah yang mempunyai polutan organik yang tinggi (Wendland, 2008). Reaktor yang digunakan adalah reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), dengan prinsip pengolahan anaerobik dengan bantuan mikroorganisme.

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) menjadi salah satu alternatif pengolahan *greywater*. Prinsip kerjanya dengan mendistribusikan air limbah dalam reaktor dengan arah aliran ke atas melalui *sludge blanket* dengan *hidraulic retention time* (HRT) tertentu. Karakteristik limbah yang masuk ke UASB ini harus memiliki pH 5,2, TSS 1340 mg/L atau kurang dari 15% dari kandungan COD, OLR 45kg COD/m³ dan HRT selama 6 jam, konsentrasi 50-100 kg VSS/m³ di dasar dan 5-40 kg VSS/m³ di permukaan reaktor dengan suhu 30-37°C (Agustian, 2006). Proses anaerobik secara konvensional dengan menggunakan sistem UASB nampaknya mempunyai keterbatasan dalam kapasitas pengolahannya, karena keterbatasan transfer massa yang disebabkan oleh kondisi proses pencampuran kurang optimal di dalam reaktor (Shin, *et al.*, 2001).

Media adalah tempat tumbuh mikroorganisme. Berperan sebagai tempat dukungan yang lebih pada mikroorganisme karena mikroorganisme dapat melumpuhkan diri dengan membentuk butiran (McHugh *et al.* 2003).

Besarnya debit *greywater* yang dibuang ke saluran drainase dari suatu permukiman, berbedanya karakteristik air limbah dan kondisi iklim di Indonesia yang termasuk iklim tropis, belum terkelolanya dengan baik *greywater* pada kota-kota di Indonesia maka perlu dikaji sistem Pengolahan Air limbah Domestik Tipe *Greywater* menggunakan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh volume awal lumpur pada *sludge blanket* terhadap *effluent* yang dihasilkan pada reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan media (batu krikil) pada *sludge blanket* terhadap *effluent* yang dihasilkan pada reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui persentase volume awal pada *sludge blanket* yang paling efektif dalam penurunan *removal* pada *effluent* yang dihasilkan.
2. Mengetahui efektifitas penurunan *removal* pada *effluent* dengan penambahan media atau tanpa media pada *sludge blanket*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk :

1. Menjadi acuan dan pertimbangan dalam pembuatan reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) untuk pengolahan limbah *greywater*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sampel *greywater* diambil dari penampungan limbah cair komunal di RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas, Kota Malang.

2. Penelitian tidak mengamati proses pertumbuhan granul pada *sludge blanket*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartement, dan asrama (Permen LH No 5 Tahun 2014).

Menurut Sugiharto (1987), pengertian air limbah secara umum adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta dari buangan lainnya. Menurut Cordova (2008), air limbah domestik merupakan air limbah yang telah digunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman, perdagangan, daerah kelembagaan atau daerah rekreasi, meliputi air buangan dari kamar mandi, WC, tempat cuci atau tempat memasak.

Air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum (Santi, 2004).

Air limbah domestik merupakan air buangan dari kawasan tempat tinggal, kawasan umum dan apartemen, ketiga pengertian mengenai air limbah domestik digabungkan, maka dapat dirumuskan batasan yang lebih jelas, terutama sumber air limbah domestik tersebut. Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat berasal dari perumahan dan daerah perdagangan (McKinneya, 2004).

2.2 Jenis-Jenis Limbah

Menurut Hariri (2012), air limbah memiliki ciri-ciri yang dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian sebagai berikut :

1. Ciri-ciri fisik utama air limbah adalah kandungan bahan padat, warna, bau dan suhunya.

1) Bahan padat

Air yang terpolusi selalu mengandung padatan yang dapat dibedakan atas empat kelompok berdasarkan besar partikelnya dan sifat-sifat lainnya.

Empat kelompok tersebut yaitu:

- a. Padatan terendap (*sedimen*)
- b. Padatan tersuspensi dan koloid
- c. Padatan terlarut
- d. Minyak dan lemak

2) Warna

Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Air buangan industry serta bangkai benda organis yang menentukan warna air limbah itu sendiri.

3) Bau

Pembusukan air limbah adalah merupakan sumber dari bau air limbah yang disebabkan karena adanya zat organik terurai secara tidak sempurna dalam air limbah.

4) Suhu

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi daripada air bersih, karena adanya tambahan air hangat dari perkotaan.

2. Ciri-ciri kimiawi

Air limbah tentunya mengandung berbagai macam zat kimia. Bahan organik pada air limbah dapat menghabiskan oksigen serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Pengujian kimia yang utama adalah yang bersangkutan dengan amonia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik dan fosfor anorganik.

3. Ciri-ciri biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada

di dalam air limbah. Berbagai jenis bakteri yang terdapat di dalam air limbah sangat berbahaya karena menyebabkan penyakit. Kebanyakan bakteri yang terdapat dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik.

Menurut Rachman (2005), berdasarkan jenis dan wujud limbah pertanian terutama limbah industri pertanian dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Limbah Padat

Bahan-bahan buangan baik dari limbah pra panen, limbah panen, limbah pasca panen dan limbah industri pertanian yang wujudnya padat dikelompokkan pada limbah padat, contoh : Daun-daun kering, jerami, sabut dan tempurung kelapa, kulit dan tulang dari ternak potong, bulu ayam, ampas tahu, jeroan ikan dan lain sebagainya. Limbah-limbah tersebut di atas kalau dibiarkan menumpuk saja tanpa penanganan tertentu akan menyebabkan/menimbulkan keadaan tidak higienis karena menarik serangga (lalat, kecoa) dan tikus yang seringkali merupakan pembawa berbagai jenis kuman penyakit. Limbah padat dapat diolah menjadi pupuk dan makanan ternak.

2. Limbah cair

Limbah cair industri pertanian sangat banyak karena air digunakan untuk :

- a. membersihkan bahan pangan dan peralatan pengolahan.
- b. menghanyutkan bahan-bahan yang tidak dikehendaki (kotoran).

Limbah cair yang berasal dari industri pertanian banyak mengandung bahan-bahan organik (karbohidrat, lemak dan protein) karena itu mudah sekali busuk dengan menimbulkan masalah polusi udara (bau) dan polusi air. Pengelolaan limbah cair yang umum dilakukan adalah perlakuan primer, sekunder dan tersier (penjelasannya pada pokok Bahasa mengelola limbah secara fisik).

3. Limbah gas

Limbah gas adalah limbah berupa gas yang dikeluarkan pada saat pengolahan hasil-hasil pertanian, misalnya gas yang timbul berupa uap air pada proses pengurangan kadar air selama proses pelayuan teh dan proses pengeringannya. Limbah gas ini supaya tidak menimbulkan bahaya harus disalurkan lewat cerobong.

2.3 Karakteristik Greywater

Limbah cair ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu limbah cair kakus yang umum disebut *blackwater* dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut *greywater*. *Blackwater* oleh sebagian penduduk dibuang melalui septic tank, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan *graywater* hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran (Mara, 2004).

Menurut Mukhtasor (2007), membagi air limbah domestik menjadi dua bagian, air limbah domestik dari air cucian seperti sabun, deterjen, minyak dan lemak serta shampoo. Air limbah domestik yang berasal dari kakus seperti tinja dan air seni. *Greywater* adalah limbah cair dari akitivitas atau kegiatan dapur, pencucian pakaian, kamar mandi (selain tinja), dan lain sebagainya, yang berasal rumah, sekolah, maupun perkantoran (Eriksson *et al.*, 2002).

Menurut Widiанти dan Handjani (2008), *greywater* merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, misalnya seperti air bekas mandi, air bekas mencuci pakaian, dan air bekas cucian dapur. Sekitar 60 – 85% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik.

Karakteristik *greywater* pada umumnya banyak mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan potasium (Lindstrom, 2000). Menurut Widiанти dan Handjani (2008), unsur-unsur tersebut merupakan nutrien bagi tumbuhan, sehingga jika *greywater* dialirkan begitu saja ke badan air permukaan maka

akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air tersebut. Eutrofikasi adalah sebuah peristiwa dimana badan air menjadi kaya akan materi organik, sehingga menyebabkan pertumbuhan ganggang yang pesat pada permukaan badan air tersebut. Peristiwa eutrofikasi ini dapat menurunkan kualitas badan air permukaan karena dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam badan air tersebut. Sebagai akibatnya, makhluk hidup air yang hidup di badan air tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik atau mungkin mati.

Greywater dapat digunakan sebagai sumber air untuk keperluan perkebunan dan pertanian karena *greywater* mengandung fosfat, potasium, dan nitrogen yang merupakan sumber nutrisi yang baik bagi tumbuhan, dan *greywater* juga mengandung bakteri patogen yang lebih sedikit dibandingkan dengan *blackwater* dan *greywater* terdekomposisi lebih cepat dari *blackwater* (Lindstrom, 2000). Persyaratan parameter *greywater* agar dapat dimanfaatkan pada sector pertanian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel .1. Parameter air untuk pemanfaatan *greywater* pada sektor pertanian

Parameter	Nilai Yang Diperbolehkan
pH	6,5 – 8,5
Daya Hantar Listrik ($\mu\text{mhos/cm}$)	2000
BOD (mg/l)	120
COD (mg/l)	200
TSS (mg/l)	120
<i>Faecal Caliform</i> (MPN/100ml)	1000

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Peraturan yang berkaitan dengan kualitas air limbah, debit air limbah, dan beban maksimum air limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air. Peraturan tersebut dikenal dengan peraturan baku mutu air limbah. Penetapan baku mutu air limbah didasarkan pada dua (2) aspek yaitu

- a) Berdasarkan air limbah yang dihasilkan oleh setiap industri disebut sebagai standar air limbah (*Effluent Standard*).
- b) Berdasarkan peruntukan dari badan air penerima disebut sebagai standar air badan penerima (*Stream Standard*).

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan (Permen LH No 5 Tahun 2014). Nilai baku mutu dapat dilihat pada Tabel 2, baku mutu air limbah domestik.

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
pH		6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

(Sumber Permen LH No 5 Tahun 2014)

2.5 Pengolahan Limbah Cair

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), pengelolaan buangan secara fisik, kimiawi, biologik atau kombinasinya. Pengelolaan limbah pada umumnya dilakukan dengan urutan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Minimasi terbentuknya limbah
Tahap ini merupakan prioritas pada pengelolaan segala jenis limbah. Dengan melakukan minimasi terbentuknya limbah akan diperoleh dua keuntungan sekaligus, yaitu sedikitnya limbah yang terbentuk (baik kuantitas maupun kualitas) sehingga mengurangi beban pada upaya pengolahannya dan meningkatnya produk utama yang diinginkan (karena sebagian besar bahan diubah menjadi produk dan hanya sebagian kecil yang berubah menjadi limbah).
2. Penggunaan kembali dan daur ulang
Tahap ini merupakan tahap pengelolaan limbah berikutnya. Penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*) dilakukan jika tahap minimasi terbentuknya limbah sudah semaksimal mungkin diupayakan tetapi masih ada limbah yang terbentuk. Limbah dapat digunakan kembali pada proses semula (baik secara langsung maupun tidak langsung) atau dapat digunakan untuk keperluan lain sesuai dengan karakteristik limbahnya.
3. Pengolahan limbah
Pengolahan limbah merupakan tahap yang harus dilakukan jika limbah yang terbentuk masih belum memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan.
4. Pembuangan limbah
Pembuangan merupakan tahap terakhir pada pengelolaan limbah. Tahap ini dilakukan dengan tetap mempertimbangkan karakteristik buangan dan tempat pembuangannya. Sistem penyaluran buangan yang mempertimbangkan karakteristik buangan dan tempat pembuangannya.

Menurut Syamsiah (1997), pengolahan limbah bertujuan untuk mempercepat proses alami pada kondisi yang terkendali untuk mengurangi atau menghilangkan bahan-bahan pencemar yang terkandung dalam limbah. Sesuai dengan prinsip kerjanya, pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pengolahan secara fisik, kimia dan biologi. Berdasarkan atas tingkatannya pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pengolahan primer, sekunder dan tersier.

1. Pengolahan primer (*primary treatment*)

Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan yang tampak umumnya berupa bahan-bahan fisik. Tahap ini juga diperlukan sebagai tahap persiapan menuju tahap pengolahan berikutnya. Unit pengolahan limbah yang banyak digunakan pada tahap ini yaitu penyaring (*screening*), *grit removal*, ekualisasi, bak pengendap dan pemisah minyak/lemak.

2. Pengolahan sekunder (*secondary treatment*)

Pengolahan sekunder pada umumnya bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan organik terlarut. Unit pengolahan limbah yang digunakan pada tahap ini pada umumnya yaitu yang berdasarkan atas proses biologik, misalnya: kolam lumpur aktif (*activated sludge*), *trickling filter* dan kolam oksidasi (*oxidation pond*).

3. Pengolahan tersier (*tertiery treatment*)

Pengolahan tersier bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan spesifik pada limbah tertentu. Unit pengolahan yang digunakan pada tahap ini dapat bekerja secara fisik, kimiawi atau biologik, misalnya: penukar ion (*ion exchange*), desinfeksi (klorinasi), *reverse osmosis* dan nitrifikasi.

Pengolahan limbah tidak selalu melibatkan ketiga tahap proses tersebut, tergantung pada karakteristik limbah, target akhir kualitas buangan (sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan), tempat pembuangan air (tanah, sungai dan lain-lain) dan pemanfaatan kembali.

Menurut Sugiharto (1987), dalam pengolahan limbah secara fisik antara lain terdapat unit-unit: penyaring

(*screening*), *comminution*, ekualisasi, pencampuran (*mixing*), flokulasi, sedimentasi, flotasi, filtrasi dan penyaring halus (*microscreening*).

1. Penyaring (*screening*)

Penyaring (*screening*) dapat berupa *parallel bars*, *wire mesh* atau *perforated plates*. Lubang-lubang pada slat penyaring dapat berbentuk bulat atau persegi dengan berbagai variasi ukuran. *Screening* dapat dioperasikan secara manual atau mekanik.

2. Ekualisasi

Ekualisasi digunakan guna menghindari terjadinya masalah-masalah operasi pada proses selanjutnya (*downstream*) karena adanya variasi atau fluktuasi aliran. Cara ini umumnya dilakukan dengan menampung limbah pada suatu bak ekualisasi sebelum dimasukkan ke dalam unit pengolahan limbah selanjutnya.

3. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel-partikel yang lebih berat daripada air dengan menggunakan prinsip gravitasi. Sedimentasi merupakan satu unit yang banyak digunakan pada pengolahan limbah cair. Salah satu tujuan utama proses ini yaitu mendapatkan konsentrasi padatan yang mudah dikelola.

Menurut Rahardjo (2008), pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan kedalam tiga metode diantaranya pengolahan secara fisik, kimia dan biologis. Penerapan masing-masing metode tergantung pada kualitas air baku dan kondisi fasilitas yang tersedia. Berikut kontaminan yang umum ditemukan dalam air limbah dan sistem pengolahannya sebagai berikut :

1. Padatan tersuspensi dapat diolah dengan cara sistem pengolahan seperti *screening* dan *comminution*, sedimentasi, flotasi, filtrasi, koagulasi dan *land treatment*.
2. *Biodegradable organic* dapat diolah dengan sistem pengolahan diantaranya lumpur aktif, *trickling filter*, *rotating biological contactors*, *aerated lagoons*, saringan pasir dan *land treatment*.

3. Pathogens dapat diolah dengan sistem klorinasi, ozonisasi dan *land treatment*.
4. Nitrogen dapat diolah dengan sistem pengolahan *suspended-growth, nitrification and denitrification, fixed-film, ammonia stripping, ion exchange, breakpoint chlorination and land treatment*.
5. Phosphor dapat diolah dengan sistem pengolahan koagulasi garam logam, koagulasi kapur, *biological/chemical removal* dan *land treatment*.
6. *Refractory Organic* dapat diolah dengan sistem pengolahan adsorpsi karbon, *tertiary ozonation* dan *system land treatment*.
7. Logam Berat dapat diolah dengan sistem pengolahan pengendapan kimia, *ion exchange* dan *land treatment*.
8. Padatan anorganik terlarut dapat dilakukan dengan sistem pengolahan ion exchange, reverse osmosis dan elektrodialisis.

Menurut Rahardjo (2008), sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu dengan pengolahan secara fisik. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Semua air buangan yang biodegradable dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Menurut Doraja, dkk. (2012), pada dasarnya, cara biologi adalah pemutusan molekul kompleks menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme. Proses ini sangat peka terhadap faktor suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan zat-zat inhibitor terutama zat-zat beracun.

Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa.

Pengolah limbah secara biologik bertujuan untuk menggumpalkan dan menghilangkan padatan yang tidak dapat terendapkan serta untuk menstabilkan bahan-bahan organik, dengan bantuan aktivitas mikroorganisme. Ditinjau dari keperluan oksigennya, proses biologik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: proses aerob (perlu oksigen bebas) dan proses anaerob (tidak perlu oksigen bebas). Keperluan oksigen tersebut tergantung pada jenis mikroorganisme yang berperan.

Berdasarkan atas cara hidup mikroorganismenya, unit pengolah limbah secara biologik dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu: *submerged* (suspension) *culture* dan *attached* (biofilm) *culture*. Pada kelompok pertama mikroorganisme tumbuh tercampur dengan limbah sehingga limbah yang keluar (*effluent*) akan mengandung mikroorganismenya, termasuk dalam kelompok pertama antara lain: kolam lumpur aktif (*activated sludge*) dan kolam oksidasi (*oxidation pond*). Pada kelompok kedua mikroorganisme tumbuh pada permukaan bahan pengisi dan membentuk lapisan tipis (biofilm), termasuk dalam kelompok kedua antara lain: *trickling filter*, *rotary biological contactor* dan *fluidized bed bioreactor*.

1. Kolam lumpur aktif (*activated sludge*)

Unit pengolah limbah kolam lumpur aktif terdiri atas kolam yang berisi lumpur aktif, yaitu biomassa yang akan berperan dalam mendegradasi limbah. Dalam kolam lumpur aktif proses penguraian limbah berlangsung secara terus-menerus dengan kondisi aerob. Udara yang digelembungkan ke dalam kolam selain untuk memasok keperluan oksigen, juga berfungsi sebagai pengaduk sehingga kondisi di dalam kolam menjadi homogen. Organisme yang terdapat dalam lumpur aktif terdiri atas bakteri, jamur dan protozoa yang secara bersama-sama menyusun ekosistem lumpur aktif.

2. Kolam oksidasi (*oxidation pond*)

Di daerah tropik yang cahaya matahari dapat dikatakan selalu tersedia sepanjang tahun sangat memungkinkan penggunaan kolam oksidasi sebagai instalasi pengolahan limbah secara biologik. Kolam oksidasi merupakan kolam terbuka dengan kedalaman sekitar 1 - 2 m. Limbah yang masuk diperlakukan selama 3 - 6 minggu. Bakteri yang terdapat di dalam kolam oksidasi akan menguraikan bahan-bahan organik dan menghasilkan CO₂, amonia (NH₃), nitrat (NO₃) dan fosfat (PO₄). Selanjutnya, senyawa-senyawa kimia tersebut akan digunakan oleh alga untuk melakukan fotosintesis dan metabolisme lainnya, sedangkan oksigen yang dilepaskan dari proses fotosintesis akan digunakan oleh jasad-jasad aerobik.

3. Penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*)

Unit penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*) pada intinya merupakan penyaring biologik. Unit tersebut penguraian limbah terjadi karena adanya mikroorganisme seperti bakteri, jamur, alga, protozoa, larva insekta dan cacing yang hidup menempel pada permukaan material pengisi yang ada. Limbah yang akan diproses didistribusikan ke atas permukaan material pengisi. Unit penyaringan dengan tetesan konvensional, material pengisi berupa batu-batu kali, tetapi pada unit yang lebih modern digunakan material sintetik. Keunggulan material sintetik yaitu lebih ringan dan luas permukaannya dapat diperbesar, dengan memodifikasi bentuknya, sehingga dapat dicapai efisiensi yang lebih tinggi.

4. *Rotary biological contractor* (RBC)

Prinsip kerja *rotary biological contractor* mirip seperti *trickling filter*, bedanya yaitu pada RBC mikroorganisme tumbuh pada permukaan luar drum yang terus menerus berputar pada porosnya, sebagian badan drum berada di dalam aliran air limbah. Keunggulan sistem RBC dibandingkan dengan *trickling filter* yaitu aerasi lebih baik dan waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah lebih panjang sehingga memberikan efisiensi yang lebih tinggi.

5. *Fluidized bed bioreactor*

Pada unit *fluidized bed bioreactor* proses penguraian limbah terjadi karena biofilm yang tumbuh di permukaan padatan terfluidisasi. Padatan yang digunakan berukuran kecil (luas permukaannya besar) sehingga diharapkan biomassa yang terbentuk sebagai lebih banyak. Disamping itu, dengan adanya fluidisasi, kontak antara limbah dengan mikroorganisme menjadi lebih baik sehingga efisiensi penguraian limbah dapat lebih ditingkatkan. *Fluidized bed bioreactor* dapat dioperasikan secara aerob atau anaerob.

6. *Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor*

Sistem pengolahan limbah cair dengan *upflow anaerobic sludge blanket* baru mulai dikembangkan pada dekade 80-an. Konfigurasi alat dan sistem kerjanya hampir sama dengan *fluidized bed bioreactor*, tetapi pada UASB partikel yang terfluidisasi bukan material pengisi yang terlapis biofilm melainkan berupa partikel yang terbentuk oleh gumpalan mikroorganisme.

Menurut Ariens (1986), unit pengolahan limbah secara kimia bekerja berdasarkan atas reaksi kimiawi. Perbedaan utama unit pengolahan limbah secara kimia dengan unit lainnya yaitu proses yang terjadi pada unit tersebut bersifat aditif (memerlukan tambahan bahan kimia) yang menyebabkan seringkali dapat meningkatkan bahan terlarut di dalam limbah cair.

1. Pengendapan kimia

Pengendapan kimia dilakukan dengan cara penambahan bahan-bahan kimia ke dalam limbah cair dengan tujuan untuk mengubah sifat fisik padatan terlarut atau tersuspensi sehingga mudah untuk dipisahkan secara sedimentasi. Bahan kimia yang banyak digunakan dalam proses pengendapan kimia yaitu alum $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ kapur $[Ca(OH)_2]$, feri klorid $(FeCl_3)$ atau feri sulfat $[Fe_2(SO_4)_3]$.

2. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan cara selektif untuk menghilangkan atau mematikan mikroorganisme patogen. Metode yang

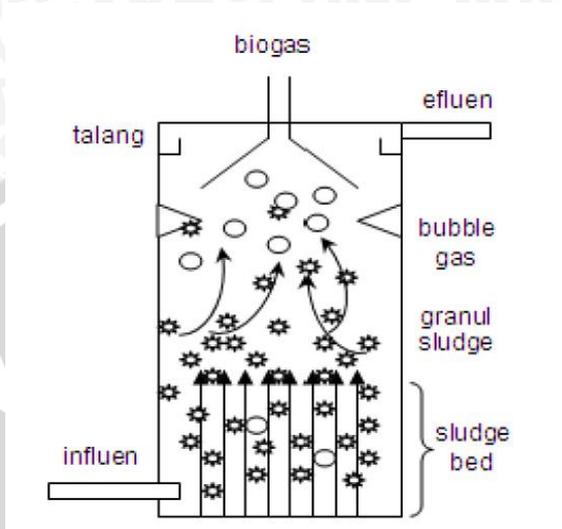
paling umum digunakan dalam desinfeksi limbah yaitu dengan penambahan klor.

Pengolahan limbah cair secara kimia biasa dilakukan dengan beberapa cara seperti netralisasi, koagulasi dan flokulasi, oksidasi dan atau reduksi, adsorpsi dan penukar ion. Proses oksidasi reduksi kegiatan yang dilakukan adalah oksidasi/ reduksi kimia, aerasi, elektrolisis, ozonsiasi dan UV. Proses adsorpsi ada dua jenis bahan yang sering digunakan yaitu karbon aktif dan alumina aktif. Pada penukaran ion bahan-bahan yang sering digunakan adalah resin penukar kation, resin penukar anion dan zeolit.

2.6 Reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) adalah sebuah sistem dimana air limbah masuk kedalam tangki anaerobik melewati aliran keatas reaktor vertikal yang sudah terdapat sludge yang mengandung mikroorganisme atau biasa disebut *sludge bed* atau *blanket*, kontak air limbah dengan sludge yang mengandung bakteri yang kemudian membentuk sludge secara alami sebesar 0.5 - 2 ukuran *sludge* yang lebih besar inilah yang disebut *sludge granular* yang mengandung biomassa lebih banyak yang selanjutnya akan menghasilkan gas metan.

UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) merupakan salah satu cara pengolahan limbah secara anaerobik yang dioperasikan secara kontinyu, dalam fermentor UASB limbah dialirkan secara vertikal dari bagian bawah menuju ke atas melewati *Sludge Blanket* yang di dalamnya terdapat mikroba pengurai limbah (Besselièvre dan Schwartz, 1976). Aktivitas pertumbuhan mikroorganisme dalam sistem yang dijalankan dipengaruhi oleh faktor lingkungan (faktor eksternal) diantaranya pH, suhu, nutrisi dan senyawa-senyawa penghambat pertumbuhan, dan dalam suatu sistem kontinyu aktivitas mikrobial juga dipengaruhi oleh waktu detensi karena berkaitan dengan jumlah nutrisi untuk mikroba.



Gambar. 1. Desain Reaktor UASB

(Sumber Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2007)

Sistem UASB terlihat sederhana dikarenakan hanya membutuhkan sebuah reaktor untuk sebuah pengolahan limbah, ianya tentu lebih menghemat lahan, selain itu system ini tidak membutuhkan aerasi dan tentunya dari sisi ekonomis lebih menguntungkan. Namun Sistem ini membutuhkan volume yang besar dengan kondisi yang stabil serta monitoring yang lebih teliti. Sistem UASB sangat menitik beratkan pada pertumbuhan bakteri tersuspensi yang tepat waktu atau lebih dikenal dalam istilah *Hidrolic Retention Time* (HRT) dan laju beban organik atau *Organic Load Rate* (OLR) yang harus dipertahankan dalam rangka memfasilitasi agregasi biomassa padat atau dikenal sebagai proses granulasi. Untuk lebih jelas dapat juga di lihat pada gambar dibawah ini dari sisi samping reaktor.

Sebuah reaktor UASB dianggap berhasil ketika butiran anaerobik terbentuk (Hulshoff, 2004). Beberapa teori telah dikembangkan untuk menjelaskan pertumbuhan butiran tersebut. Filter anaerobik digunakan media berpori lembam sebagai pendukung melampirkan mikroorganisme dan untuk

mencapai tingkat tinggi retensi lumpur aktif dalam reaktor. Kriteria dalam penerapan dan operasi UASB :

1. Mengkondisikan atau menyetup pH_{optimum} , pH_{max} , dan pH_{minimum} untuk memastikan kehidupan bakteriflokulasi.
2. Dibuat perhitungan awal volume lumpur sebagai starup yaitu kira-kira 10 % dari volume tangki UASB.
3. Hitung kebutuhan nutrisi N dan P pada kondisi kandungan COD tertentu.
4. Hitung juga kondisi COD, dan BOD optimum, maksimum dan minimum.
5. Hitung juga kebutuhan Ca_2 untuk membantu proses granulasi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan tangka UASB sebagai berikut :

1. *Flow rate* air limbah.
2. HRT (*Hidrolic retention time*).
3. Kandungan COD rata-rata air limbah yang masuk.
4. Beban organik yang terdapat dalam air limbah.
5. Suhu ata-rata wilayah pembuatan tangki.

UASB bisa dikatakan baik jika lumpur yang terbentuk bisa membentuk granular sehingga terbentuk konsentrasi biomass yang tinggi yang akan meningkatkan kemampuan removal dari reaktor UASB ini sendiri (Letingga, 2001). Menurut Mukminin *dkk* (2003), perlu dilakukan penelitian penggunaan media yang meningkatkan luas permukaan kontak antara limbah dan medium dalam sludge blanket sehingga dapat memperkecil volume reaktor UASB dan penelitian tentang pengaruh kecepatan aliran limbah dalam sludge blanket terhadap kualitas efluen UASB.

Menurut Mukminin *et al.* (2003), pada keadaan volume sludge blanket yang sama dari tiap perlakuan, perbedaan waktu detensi menyebabkan perbedaan jumlah limbah cair organik (nutrisi mikroorganisme) yang dimasukkan ke dalam reaktor sehingga berpengaruh pada aktivitas pertumbuhan mikroorganisme di dalam reaktor yang akhirnya berpengaruh pada jumlah bahan organik yang dapat dirombak

mikroorganismenya untuk sumber energi setiap jam (berpengaruh pada laju perombakan COD).

Menurut MacLeod *et al.* (1990), butiran pada lumpur anaerobik dari *upflow anaerobic sludge blanket* dari memiliki tiga lapisan struktur diantaranya :

- a) Lapisan superfisial mengandung banyak populasi heterogen (batang, kokus, dan filamen ukuran yang berbeda); bersama dengan acidogens dan mikroorganismenya hidrogen memakan.
- b) Lapisan menengah, bakteri batang-seperti (acetogens dan mikroorganismenya hidrogen memakan) mendominasi. Inti (lapisan ketiga) terdiri dari sel-Methanotrix seperti (metanogen).
- c) Pedalaman granul, lubang atau rongga dapat ditemukan yang indikasi gas kuat produksi. Sebuah granul skematik dengan lapisan yang berbeda seperti yang diusulkan oleh MacLoad *et al.* (1990).

2.7 Media

Media adalah tempat tumbuh mikroorganismenya. Media berperan sebagai tempat dukungan yang lebih pada mikroorganismenya karena mikroorganismenya dapat melumpuhkan diri dengan membentuk butiran (McHugh *et al.* 2003). Menurut Indriyati (2003), pemilihan media pendukung untuk tumbuhnya bakteri sangat mempengaruhi kinerja dari reaktor yang akan digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas media pendukung adalah ukuran dan bentuk, perbandingan luas permukaan dan volume, porositas dan kekasaran permukaan media pendukung. Batu dipilih sebagai media karena batu relatif murah, kuat, mudah didapat dan dianggap cukup baik sebagai media melekatnya mikroorganismenya (Syafila *dkk*, 2003).

Menurut Azizah (2011), media biofilter adalah merupakan bagian yang terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Untuk media biofilter dari bahan organik banyak

yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volule rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganismen dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil, dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Prakteknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan antara lain yakni :

1. Mempunyai Luas Permukaan Spesifik Besar

Luas permukaan spesifik adalah ukuran seberapa besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media. Satuan pengukuran adalah meter persegi per meter kubik media. Luas permukaan spesifik sangat bervariasi namun secara umum sebagian besar media biofilter mempunyai nilai antara 30 sampai dengan 250 sq.ft/cu.ft atau 100 hingga 820 m²/m³. Membedakan antara total luas permukaan teoritis dengan luas permukaan yang tersedia sebagai substrate untuk pertumbuhan mikroorganismen merupakan salah satu hal yang penting. Luas permukaan yang terdapat pada pori-pori yang halus tidak selalu dapat membuat mikroorganismen hidup.

Biofilter yang sudah stabil/matang, biomasa bakteri akan bertambah secara stabil dan lapisan bakteri yang menutupi permukaan media menjadi tebal. Selama organismen yang berada pada bagian dalam lapisan hanya mendapat makanan dan oksigen secara difusi, maka bakteri ini memperoleh makanan dan oksigen semakin lama semakin sedikit sejalan dengan bertambah tebalnya lapisan. Bakteri secara umum yang berada dilapisan paling luar yang bekerja secara maksimal, apabila lapisan bakteri sudah cukup tebal, maka bagian dalam lapisan menjadi anaerobik. Jika hal ini terjadi, lapisan akan kehilangan gaya adhesi terhadap substrat dan kemudian lepas. Bakteri yang mati terdapat dalam celah kecil, maka tidak dapat lepas dan tetap berada dalam biofilter, hal ini

akan menambah beban organik (BOD) dan amoniak dalam biofilter.

Luas permukaan total yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri merupakan indikator dari kapasitas biofilter untuk menghilangkan polutan. Luas permukaan spesifik merupakan variabel penting yang mempengaruhi biaya reaktor biofilter dan mekanisme penunjangnya. Apabila media tertentu A mempunyai luas permukaan per unit volume dua kali lipat dari media B, maka media B memerlukan volume reaktor dua kali lebih besar untuk dapat melakukan tugas yang sama yang dilakukan media A. Ditinjau dari sudut ekonomi maka lebih baik menggunakan reaktor yang lebih kecil. Jadi secara umum makin besar luas permukaan per satuan volume media maka jumlah mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan media makin banyak sehingga efisiensi pengolahan menjadi lebih besar, selain itu volume reaktor yang diperlukan menjadi lebih kecil sehingga biaya reaktor juga lebih kecil.

2. Mempunyai Fraksi Volume Rongga Tinggi

Fraksi volume rongga adalah prosentasi ruang atau volume terbuka dalam media. Fraksi volume rongga adalah ruang yang tidak tertutup oleh media itu sendiri. Fraksi volume rongga bervariasi dari 15 % sampai 98 %. Fraksi volume rongga tinggi akan membuat aliran air atau udara bebas tidak terhalang, sehingga untuk biofilter dengan kapasitas yang besar umumnya menggunakan media dengan fraksi volume rongga yang besar yakni 90 % atau lebih.

3. Diameter Celah Bebas Besar (*Large free passage diameter*)

Cara terbaik untuk menjelaskan pengertian diameter celah bebas adalah dengan membayangkan suatu kelereng atau bola yang dijatuhkan melalui media. Ukuran bola yang paling besar yang dapat melewati media adalah diameter celah bebas.

4. Tahan terhadap Penyumbatan

Parameter ini sangat penting namun sulit untuk diangkakan. Penyumbatan pada biofilter dapat terjadi melalui perangkap mekanikal dari partikel dengan cara sama dengan filter atau saringan padatan lainnya bekerja. Penyumbatan dapat juga disebabkan oleh pertumbuhan biomasa dan menjembatani ruangan dalam media. Kecenderungan penyumbatan untuk berbagai macam media dapat diperkirakan atau dibandingkan dengan melihat fraksi rongga dan diameter celah bebas. Diameter celah bebas merupakan variabel yang lebih penting. Penyumbatan merupakan masalah yang serius pada sistem biofilter. Masalah yang paling ringan adalah masalah pemeliharaan yang terus menerus, dan yang paling buruk adalah hancurnya kemampuan filter untuk bekerja sesuai dengan disain.

Penyumbatan adalah ketidak-seragaman volume rongga dari media, apabila sebagian dari unggun media mempunyai volume rongga yang lebih kecil dari yang lainnya maka dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan sebagian di dalam unggun media. Media yang lebih padat dapat terjadi penyumbatan dan sebagian unggun media yang lainnya terdapat celah yang dapat mengalirkan aliran air limbah, hal ini dapat menurunkan kinerja biofilter, oleh karena itu di dalam pemilihan jenis media biasanya dipilih media yang mempunyai luas permukaan spesifik yang besar serta mempunyai fraksi volume rongga yang besar, dengan demikian jumlah mikroba yang dapat tumbuh menempel pada permukaan media cukup besar sehingga efisiensi biofilter juga menjadi lebih besar. Karena fraksi volume rongga media besar maka sistem biofilter menjadi tahan terhadap penyumbatan.

Media yang digunakan untuk biofilter juga harus mudah diangkat, dibersihkan dan dapat diganti dengan usaha dan tenaga kerja yang minimal. Pilihan lain adalah media yang dapat diangkat sebagian. Sebagian kecil media dapat diangkat dan diganti dengan media yang baru, sementara itu bagian yang tersumbat dibersihkan, apabila hanya

sebagian kecil dari seluruh sistem yang diangkat, pengaruhnya terhadap sistem biofilter akan sangat kecil.

5. Dibuat Dari Bahan Inert

Kayu, kertas atau bahan lain yang dapat terurai secara biologis tidak cocok digunakan untuk bahan media biofilter. Demikian juga bahan logam seperti besi, aluminium atau tembaga tidak sesuai karena berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikro-organisme. Media biofilter yang dijual secara komersial umumnya terbuat dari bahan yang tidak korosif, tahan terhadap pembusukan dan perusakan secara kimia, namun demikian beberapa media dari plastik dapat dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet. Plastik yang tidak terlindung sehingga terpapar oleh matahari akan segera menjadi rapuh. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan penghalang UV yang dapat disatukan dengan plastik pelindung UV.

6. Harga per Unit Luas Permukaannya Murah

Media biofilter pada hakekatnya adalah jumlah luas permukaan yang menyediakan tempat untuk bakteri berkembang biak, oleh karena itu untuk media biofilter sedapat mungkin dipilih jenis media yang mempunyai harga per unit satuan permukaan atau per unit satuan volume yang lebih murah.

7. Mempunyai kekuatan mekaniknya yang baik

Salah satu syarat media biofilter yang baik adalah mempunyai kekuatan mekaniknya yang baik. Biofilter yang berukuran besar sangat penting apabila media mampu menyangga satu atau dua orang pekerja, disamping untuk mendukung keperluan pemeliharaan, media dengan kekuatan mekanik yang baik berarti mempunyai stabilitas bentuk baik, mengurangi keperluan penyangga bejana atau reaktor dan lebih tahan lama.

8. Ringan

Ukuran berat media dapat mempengaruhi biaya bagian lain dari sistem. Semakin berat media akan memerlukan penyangga dan bejana atau reaktor yang lebih kuat dan lebih mahal. Apabila media dari seluruh biofilter harus dipindahkan maka akan lebih baik jika medianya ringan.

Secara umum makin ringan media biofilter yang digunakan maka biaya konstruksi reaktor menjadi lebih rendah.

9. Fleksibilitas

Ukuran dan bentuk reaktor biofilter dapat bermacam-macam, maka media yang digunakan harus dapat masuk kedalam reaktor dengan mudah, serta dapat disesuaikan dengan bentuk reaktor.

10. Pemeliharaan mudah

Media biofilter yang baik pemeliharaannya harus mudah atau tidak perlu pemeliharaan sama sekali. Apabila diperlukan pemeliharaan sehubungan dengan penyumbatan maka media harus mudah dipindahkan dengan kebutuhan tenaga yang sedikit. Selain itu media juga harus dengan cepat dapat dipindahkan dan dibersihkan.

11. Kebutuhan energi kecil

Proses biofilter mengkonsumsi energi secara tidak langsung, namun secara keseluruhan diperlukan pompa untuk mengalirkan air. Energi diperlukan juga untuk mensuplai oksigen kepada bakteri. Sejalan dengan semakin canggihnya teknologi biofilter maka biaya energi merupakan salah satu faktor utama dari keseluruhan perhitungan keuntungan, oleh karena itu disain biofilter yang memerlukan tenaga kerja dan energi minimum akan menjadi standar industri.

12. Reduksi Cahaya

Bakteri nitrifikasi sensitif terhadap cahaya. Biofilter yang akan digunakan untuk penghilangan senyawa nitrogen (nitrifikasi), maka media yang digunakan sebaiknya berwarna gelap dan bentuknya harus dapat menghalangi cahaya masuk ke dalam media.

13. Sifat Kebasahan (*wetability*)

Bakteri atau mikroorganisme dapat menempel dan berkembang biak pada permukaan media, maka permukaan media harus bersifat hidrophilic (suka air). Permukaan yang berminyak, permukaan yang bersifat seperti lilin atau permukaan licin bersifat *hidrophobic* (tidak suka air) tidak baik sebagai media biofilter.

Media biofilter yang ideal adalah media yang harganya murah namun memberikan solusi bagi pemenuhan kebutuhan proses biofilter, karena diperoleh luas permukaan yang besar dengan harga yang murah. Biaya konstruksi reaktor yang lebih rendah karena luas permukaan spesifik tinggi, ringan, kekuatan mekanikal baik dan kemampuan menyesuaikan dengan bentuk reaktor baik. Biaya pemeliharaan rendah karena tidak ada penyumbatan. Biaya pompa dan energi lain rendah karena disainnya fleksibel.

Porositas media merupakan faktor penting dalam aplikasi reaktor Biofilter. Porositas (Φ) adalah kemampuan suatu batuan untuk menyimpan fluida. Porositas total adalah perbandingan ruang kosong/ pori-pori dalam batuan dengan *bulk volume* batuan (dinyatakan dalam persen). Porositas dinyatakan sebagai perbandingan ruang kosong /pori-pori dalam batuan dengan keseluruhan volume batuan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya porositas diantaranya susunan batuan, distribusi batuan, sementasi, kompaksi, dan angularitas (Sugito, 2008). Biofilter aerobik menggunakan media batu kerikil sebagai biofilter memberikan persen reduksi COD tertinggi sebesar 72,93% dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 9 jam (Pohan, 2008).

Media sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme sangat berpengaruh pada efisiensi proses pengolahan. Jenis media filter yang berbeda memberikan luas permukaan total spesifik yang berbeda dalam reaktor. Kerikil atau batu kali pecah memiliki luas permukaan sekitar 100-200 m² dapat menurunkan kandungan BOD sampai 95% digunakan untuk mengolah air limbah domestik (Sugito, 2008), mereduksi sampai 98% untuk mengolah air limbah puskesmas, (Ifadah & Sugito, 2012). Filter kerikil dengan diameter 2 – 3 cm mampu menguraikan sebagian minyak pada limbah di pantai Kuwait (Radwan abd Al-Hasan, 2001). Kerikil dengan diameter 0,5 – 3 cm juga dapat digunakan untuk menurunkan BOD dan COD pada limbah tapioca sebesar lebih dari 95% (Suhartini, *dkk.* 2009).

Ukuran kerikil dan batuan telah digunakan dalam biofilter sejak abad ke sembilan belas untuk berbagai

penggunaan, dapat dipakai baik untuk biofilter tercelup ataupun untuk trickling filter dan juga masih tetap digunakan untuk berbagai keperluan termasuk akuarium, akuakultur dan pengolahan air buangan rumah tangga. Bahan-bahan yang terbuat dari tanah liat banyak tersedia, murah dan relatif mempunyai luas permukaan spesifik tinggi. Batu dan kerikil bersifat inert dan tidak pecah dengan kekuatan mekanikal yang baik, serta bahan tersebut mempunyai sifat kebasahan yang baik.

Kelemahan media dari kerikil adalah fraksi volume rongganya sangat rendah dan berat. Akibat dari fraksi volume rongga rendah jenis media ini mudah terjadi penyumbatan. Pencegah dalam penyumbatan dapat dilakukan dengan cara jumlah ruangan diantara kerikil harus relatif besar. Secara umum diameter celah bebas sebanding dengan ukuran kerikil, tetapi luas permukaan spesifik berbanding terbalik dengan ukuran kerikil, apabila kita menggunakan media kerikil dengan ukuran yang besar untuk mencegah terjadinya penyumbatan, maka luas permukaan spesifik menjadi kecil. Luas permukaan spesifik yang kecil, maka volume reaktor yang diperlukan untuk tempat media menjadi besar.

Media kerikil telah banyak digunakan dalam banyak usaha untuk menanggulangi masalah kekurangan biofilter. Kelemahan lain dari media kerikil adalah masalah berat. Batu kerikil mempunyai berat jenis yang cukup besar, sehingga jika digunakan sebagai media biofilter akan memerlukan konstruksi reaktor, penyangga dan sistem pengeluaran di bagian bawah yang kuat untuk menyangga beban media. Media kerikil relatif merupakan media biofilter permanen, dan sulit untuk dipindahkan, akibatnya biaya pemeliharaan menjadi besar dan biaya konstruksi menjadi lebih mahal, oleh karena itu media kerikil kurang cocok untuk dipakai untuk media biofilter skala komersial.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik SDA dan Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya dengan koordinat 7°57'10,15"LS dan 112°36'55,47"BT pada bulan 28 Januari sampai 22 April 2016.

3.2 Alat Dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Jerigen 25 liter sebanyak 5 buah untuk pengambilan air limbah domestik
- b. Tandon *influent* 250 liter
- c. Bak *effluent* 50 liter
- d. Pompa dengan spesifikasi debit aliran 50 liter/jam
- e. Selang dengan diameter 1cm untuk mengalirkan air limbah
- f. Pipa dengan diameter 1/4"
- g. Reaktor UASB skala Laboratorium yang terbuat dari bahan kaca dengan ketebalan 5mm
- h. Gelas ukur untuk mengambil sampel air limbah
- i. Pendingin untuk mengawetkan sampel
- j. Termometer analitik untuk mengukur suhu
- k. pH meter untuk mengukur besar derajat keasaman (pH)
- l. *Total Organic Carbon* (TOC 5000 A) untuk mengukur kandungan COD
- m. *Gas Chromatography* (GC – 17A) untuk pemeriksaan parameter BOD
- n. *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC) untuk analisa kandungan lemak.
- o. Seperangkat reaktor UASB
- p. Pendingin untuk mengawetkan sampel

- q. Botol sampel untuk mengambil sampel
2. Bahan
- Bahan yang digunakan sebagai berikut :
- a. Sampel *greywater* sebagai bahan perlakuan
 - b. Batu kerikil sebagai media yang akan ditambahkan pada *sludge blanket*
 - c. HCl untuk mengasamkan batu kerikil bertujuan meningkatkan luas permukaan kontak antara limbah dan medium.
 - d. Kaca setebal 5 mm untuk bahan pembuatan reaktor (tangki reaktor, GLSS, *effluent holding*, dan penutup reaktor)
 - e. Plat baja *stainless steel* untuk bahan pembuatan *gas holding*
 - f. Siku Lubang 5 cm untuk membuat rangka penyangga alat
 - g. Pipa PVC 1/4" untuk pembuatan saluran influent
 - h. Lem kaca / *Sealent*
 - i. Sampel air limbah hasil pengolahan

3.3 Metode

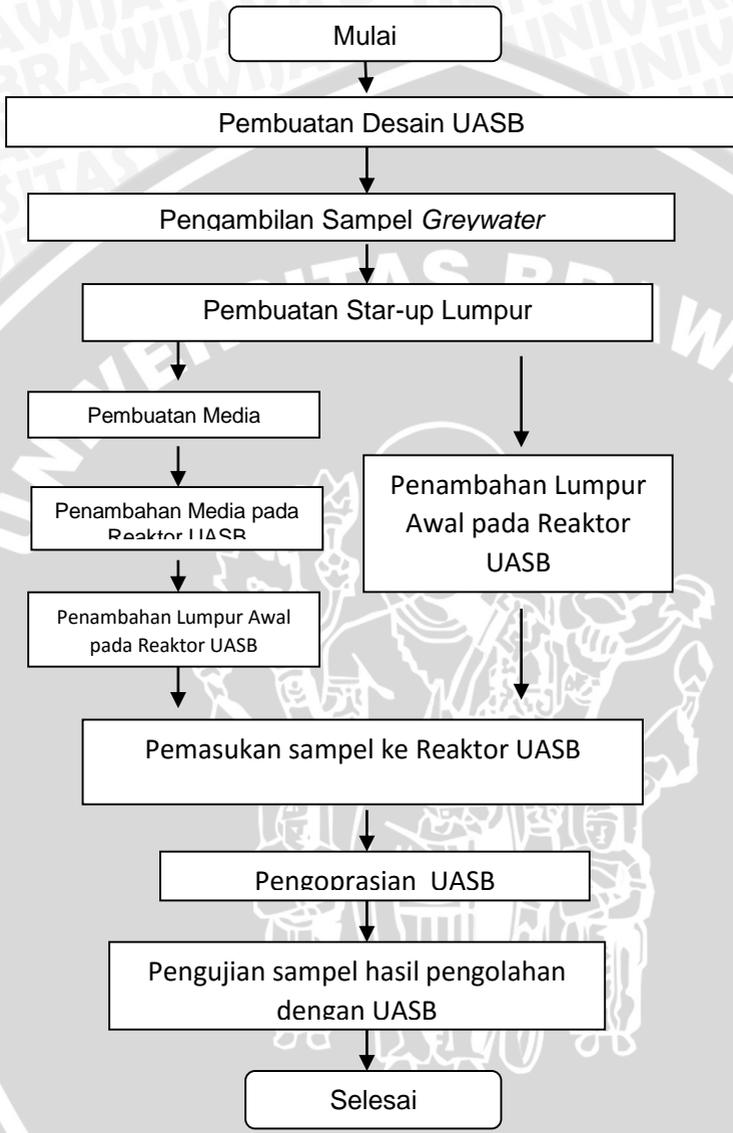
Penelitian yang akan dilakukan memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan secara berurutan sesuai dengan fungsi dan syarat-syarat perlakuannya. Perlakuan dilakukan dengan memvariasikan persentase volume lumpur awal dengan penambahan media dan tanpa media pada *sludge blanket*. Perlakuan persentase volume lumpur awal sebesar 10%, 20% dan 30% dengan penggunaan batu krikil sebagai media.

Setiap tahapan yang akan dilaksanakan secara urut memiliki fungsi yang sangat penting untuk keberlangsungan dan keberhasilan penelitian. Penelitian dilakukan dengan tahapan awal dengan pembuatan desain UASB skala laboratorium, lalu proses pembuatan dan realisasi desain UASB skala Laboratorium, selanjutnya adalah pengambilan sampel yang akan dilakukan di RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas.

Tahapan selanjutnya akan dilakukan pembuatan *start-up* lumpur, lalu pembuatan media untuk sebagai perlakuan yang akan digunakan dalam penelitian ini, selanjutnya proses penambahan media sebagai perlakuan pertama dan kedua tanpa menggunakan media pada *sludge blanket*, selanjutnya penambahan persentase volume lumpur awal dengan empat perlakuan (10%, 20%, 30%) dan tahapan yang akan dilakukan selanjutnya pengoperasian rangkaian alat UASB.

Rangkaian kegiatan terakhir dari penelitian ini adalah pengambilan sampel dan analisa sampel hasil pengolahan dengan UAS. Selanjutnya adalah pengolahan data yang didapat sehingga dapat diambil kesimpulan. Berikut ini gambaran langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan dengan dua perlakuan dengan menggunakan media dan tanpa media, pada Gambar 2 ditunjukkan proses penelitian yang dilakukan seperti berikut :

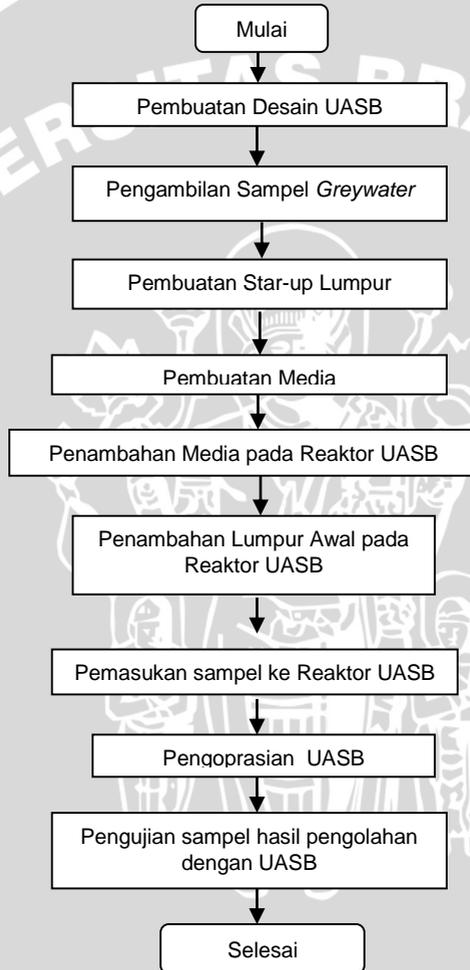




Gambar. 2. Diagram Alir Metode Penelitian

1. Penambahan Media

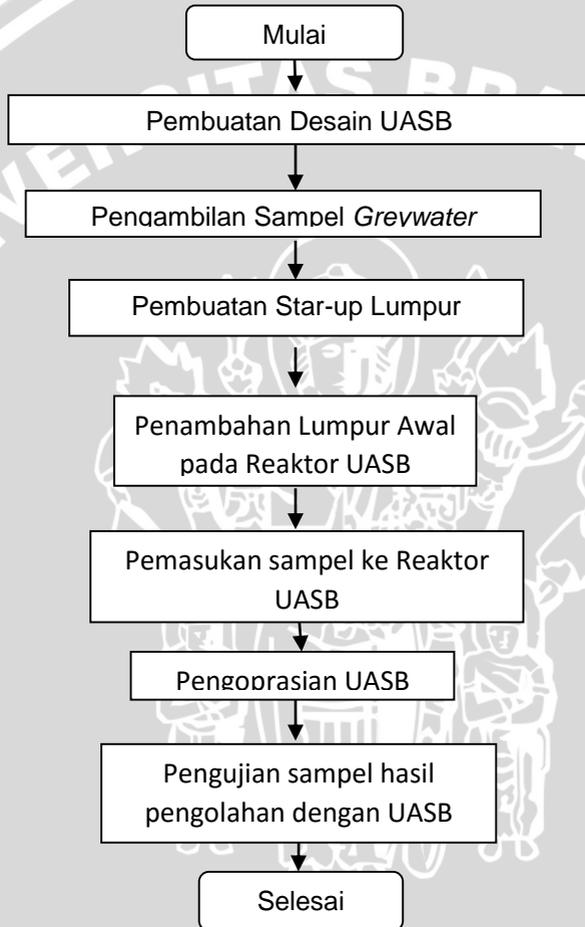
Penjelasan tentang alur metode penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan penambahan media pada *sludge blanket*, dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar. 3. Diagram Alir Metode Penelitian (Media)

2. Tanpa Media

Penjelasan tentang alur metode penelitian yang akan dilakukan dengan tanpa penambahan media pada *sludge blanket*, dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



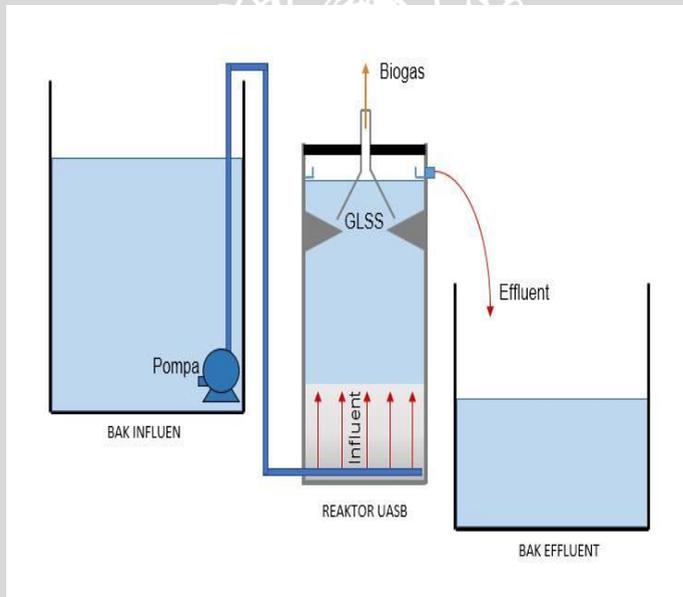
Gambar. 4. Diagram Alir Metode Penelitian (Tanpa Media)

3.4 Pelaksanaan

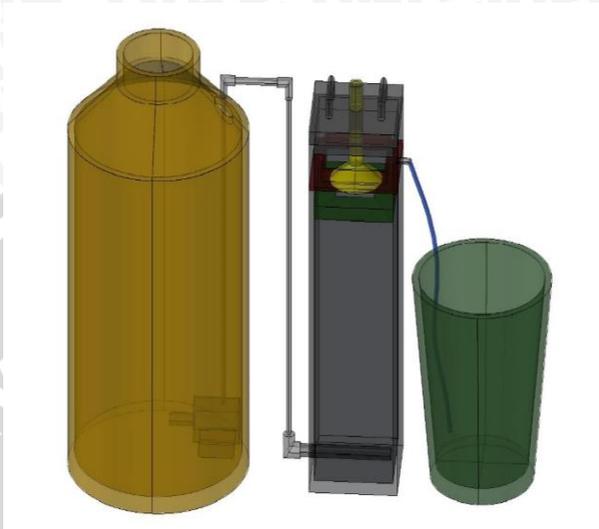
Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap diantaranya pembuatan desain reaktor UASB pengambilan sampel *greywater*, pembuatan *startup* lumpur, pembuatan media, proses UASB, pengujian sampel hasil pengolahan dengan UASB dan pengolahan dan analisis data yang diperoleh.

1. Pembuatan Desain UASB

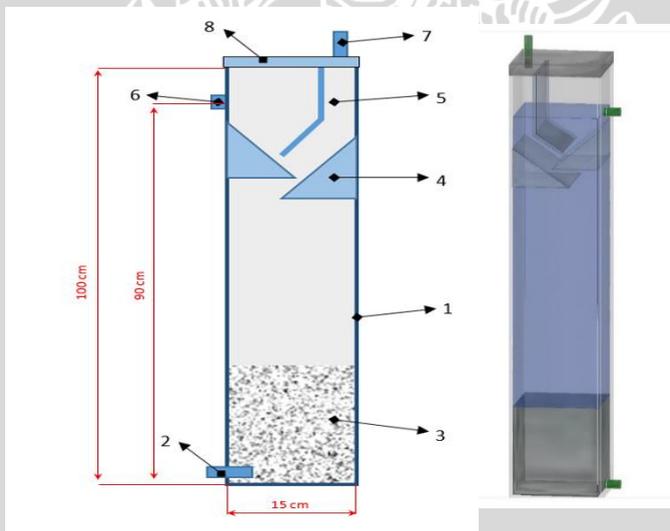
Detail desain *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) skala LAB dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 (halaman 23) dan Gambar 7 (halaman 24).



Gambar. 5. Desain UASB



Gambar.6. Desain UASB



Gambar.7. Bagian Desain UASB

Tabel 3 dibawah ini menjelaskan desain UASB perbagian seperti gambar diatas, sebagai berikut.

Tabel.3. Keterangan Bagian Desain UASB.

No.	Nama	Keterangan
1	Bak Kaca	Terbuat dari kaca dengan ketebalan 8 mm
2	<i>Input</i>	Berupa lubang <i>input</i> terbuat dari pipa dengan diameter 2 cm, dilengkapi keran untuk membuka dan menutup saluran input
3	<i>Sludge Bed</i>	Merupakan lapisan lumpur yang tersusun atas mikroorganisme anaerob hasil dari proses <i>seeding</i> (pembuatan lumpur)
4	<i>Separator</i>	Terbuat dari kaca dengan ketebalan 8 mm, berfungsi memisahkan lumpur yang ikut terbawa air limbah yang menuju ke saluran output.
5	<i>Gas Holding</i>	Saluran yang berfungsi untuk menangkap gas yang terbentuk dari proses degradasi anaerob.
6	<i>Output</i>	Berupa lubang <i>output</i> terbuat dari pipa dengan diameter 2 cm, dilengkapi keran untuk membuka dan menutup saluran input

No.	Nama	Keterangan
7	Penutup	Terbuat dari kaca dengan ketebalan 8 mm, sebagai penutup reaktor.
8	Gas Output	Lubang saluran berada di bagian penutup, terbuat dari selang dengan diameter 2 cm.

Berdasarkan hasil desain reaktor UASB seperti gambar diatas, selanjutnya akan dilakukan perancangan dan pembuatan UASB yang akan digunakan untuk penelitian selanjutnya.

2. Pengambilan Sampel *Greywater*

Pengambilan sampel *greywater* akan dilakukan dipenampungan limbah cair komunal di RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas, adapun proses pengambilan sampel sebagai berikut :

- Pengambilan sampel digunakan dengan beberapa jerigen dengan volume 50l.
- Limbah *greywater* diambil dengan jerigen
- Jerigen dimasukkan kedalam limbah *greywater* dan diangkat
- Dimasukkan kedalam plastic besar dan diberi es batu

3. Pembuatan *Startup* Lumpur

Pembuatan *startup* dilakukan dengan dengan limbah *greywater* itu sendiri, adapun proses pembuatan *startup* sebagai berikut :

- Pembuatan *startup* menggunakan wadah sendiri diluar dari rangkaian raktor UASB
- Pembuatan startup dilakukan dengan proses *seeding* yaitu dengan proses pembenihan.
- Kemudian didiamkan selama kurang lebih 20 hari.
- Pembuatan startup apabila diperlukan dapat dilakukan dengan proses *feeding* yaitu dengan penambahan atau pemberian nutrisi atau makan

dengan baterai lain. Proses feeding dengan menggunakan bakteri anaerob.

4. Pembuatan Media

Pembuatan media ini menggunakan batu krikil yang berukuran 0,5 sampai 2 cm. Batu dipilih karena batu relatif murah, kuat, mudah didapat dan dianggap cukup baik sebagai media melekatnya mikroorganisme, berikut proses pembuatan media :

- a. Media menggunakan batu krikil
- b. Batu krikil direndam dengan larutan asam HCl kurang lebih 1 menit yang bertujuan untuk memperluas kontak antara media dengan mikroba.
- c. Media yang sudah siap dimasukkan kedalam reaktor UASB diletakan diatas selang.

5. Proses Pengoperasian reaktor UASB

Proses pengoperasian reaktor UASB dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1) Penambahan Media

- a. Rangkaian reaktor UASB disiapkan.
- b. Penambahan media kedalam UASB.
- c. Penambahan volume lumpur awal (10%, 20%, 30%)
- d. Limbah greywater dimasukkan kedalam input rangkaian UASB.
- e. UASB dijalankan dengan HRT 8 jam.
- f. Ditunggu sampai proses pengolahan greywater sampai selesai.

2) Tanpa Media

- a. Rangkaian reaktor UASB disiapkan.
- b. Penambahan volume lumpur awal (10%, 20%, 30%).
- c. Limbah greywater dimasukkan kedalam input rangkaian UASB.
- d. UASB dijalankan dengan HRT 8 jam.
- e. Ditunggu sampai proses pengolahan greywater sampai selesai.

6. Pengujian Sampel Hasil Pengolahan dengan UASB

Proses pengujian sampel hasil dari pengolahan UASB dilakukan dengan pengujian hasil sampel dengan parameter yang diukur berupa BOD, COD, dan kadar lemak. Pengujian sampel akan dilakukan oleh pihak lain yaitu Perusahaan Jasa Tirta I yang berlokasi di Jl. Surabaya Malang.

7. Pengolahan dan Analisa data yang diperoleh

Proses pengolahan dan analisa data dilakukan berdasarkan hasil kualitas *greywater* dengan parameter COD, BOD dan Kadar Lemak. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini dengan 2 perlakuan, dengan menggunakan media dan tanpa media dan dengan 3 variasi persentase volume lumpur awal pada *sludge blanket* dengan persentase sebesar 10%, 20% dan 30% dari volume awal *greywater* yang dimasukkan dengan pengulangan 3 kali.

Pengolahan dan analisa dilakukan dengan metode statistika dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Pengolahan data dengan metode RAK dilakukan untuk mendapatkan penjelasan mengenai pengaruh penambahan media dan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal terhadap terhadap efektivitas kinerja UASB dalam pengolahan *greywater*.

Rancangan acak kelompok digunakan karena dalam percobaan nanti setiap perlakuan akan dicobakan pada setiap kelompok yang ada dan percobaan dilakukan secara berkelompok tidak selesai dalam satu hari saja. Perlakuan pada percobaan ini dengan menggunakan dan tanpa media akan berlaku sebagai kelompok dan dosis sebagai perlakuan.

Metode analisa statistika yang digunakan setelah mendapat hasil percobaan dengan metode ANNOVA. Analisis varians (*analysis of variance*, ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Metode ini dikenal dalam literatur Indonesia dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi, yang

merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan.

Data yang diperoleh dari analisis kimia kemudian dilakukan analisis pada data. Masing-masing parameter dilakukan uji normalitas data menggunakan uji Shapiro-Wilk karena sampel yang diamati kurang dari 50, apabila dalam uji normalitas data didapatkan data berdistribusi normal (nilai signifikan $> 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji keragaman data dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) selang kepercayaan $\alpha=0,05$ yang akan menghasilkan varian dari setiap faktor. Apabila terdapat interaksi, maka dilakukan uji DMRT dengan selang kepercayaan $\alpha = 0,05$ apabila analisis ragam menunjukkan pengaruh beda nyata pada faktor-faktor perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT 5%.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Limbah Cair Domestik MCK Terpadu

Limbah cair domestik yang digunakan dalam penelitian “Studi Penurunan Konsentrasi COD, BOD Dan Kadar Lemak Pada Pengolahan Limbah Doestik Menggunakan Reaktor UASB: Kajian Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada Sludge Blanket” menggunakan limbah cair domestik yang berasal dari Kelurahan Tlogomas RT 03 RW 07 Kota Malang.

4.1.1 MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas

Limbah cair domestik di Kelurahan Tlogomas RT 03 RW 07 Kota Malang, berasal dari limbah warga RT 03 RW 07 di Kelurahan Tlogomas yang langsung terpusat menjadi satu. Limbah cair domestik dari rumah warga disalurkan ke satu lokasi melalui pipa menuju ke belakang kampung yang berada persis di samping Sungai Berantas, lokasi tersebut dinamakan dengan kawasan MCK terpadu. Pembangunan kawasan MCK terpadu sendiri digagas oleh Bapak Agus Gunarto yang dibuat pada tahun 1986 dan diresmikan pada tahun 1997. MCK terpadu terdiri dari 3 bagian; masukan, proses dan keluaran. Kawasan MCK yang berada dipojok kampung didekat daerah pemakaman atau kuburan yang jauh dari kesan kumuh, dikarenakan banyak ditanami pohon dan juga bunga sehingga kawasan MCK terlihat asri. Kondisi lingkungan MCK terpadu yang ada di Kelurahan Tlogomas RT 03 RW 07 Kota Malang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar.8. MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas

4.1.2 Karakteristik Limbah Pada MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas

Limbah pada MCK yang MCK di Kelurahan Telogomas berasal dari air limbah kegiatan sehari-hari warga seperti kamar mandi, cuci, kakus. Karakteristik limbah cair domestik MCK terpadu adalah berwarna kuning kecoklatan dan berbau tidak sedap. Kandungan bahan organik BOD, COD dan minyak lemak pada MCK Terpadu cukup tinggi khususnya pada bak pengendap pertama yaitu sebesar 1340 mg/l, kandungan bahan organik COD sebesar 465,6 mg/l dan minyak lemak sebesar 8 mg/l. Tingginya nilai BOD, COD dan lemak pada bak pengendap pertama disebabkan karena pada bak pengendap pertama inilah tempat awal berkumpulnya limbah cair domestik yang berasal dari rumah warga. Penelitian mengenai Studi Penurunan Konsentrasi COD, BOD dan Kadar Lemak Pada Pengolahan Limbah Doestik Menggunakan Reaktor UASB: Kajian Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Penambahan Media Dan Tanpa Media Pada Sludge Blanket dilakuka menggunakan limbah doestik pada bak pengendap

pertama karena limbah pada bak pertama mempunyai nilai BOD, COD dan lemak yang paling tinggi dan belum mengalami proses pengolahan. Pengambilan sampel limbah cair domestik juga dilakukan pada pagi hari karena biasanya pagi hari aktifitas rumah tangga terjadi sangat rutin.

4.2 Pembuatan *Start-Up* Lumpur

Penelitian pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor UASB dilakukan dengan 4 buah reaktor dengan waktu HRT (*Hydraulic Retention Time*) selama 8 jam. Penelitian dilakukan dengan memvariasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%) sebagai perlakuan dengan menggunakan penambahan media dan tanpa media pada *sludge blanket*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektivitas reaktor UASB dalam menurunkan kandungan organik yang terdapat pada limbah cair domestik. Parameter yang diuji dalam penelitian diantaranya BOD, COD dan lemak.

Penelitian dimulai dengan proses pembuatan *startup* lumpur *anaerob* yang digunakan sebagai lumpur awal pada bagian bawah reaktor atau disebut *sludge bed*. Proses pembuatan *startup* lumpur dilakukan selama 22 hari dengan menggunakan proses *seeding* dalam kondisi anaerob. Menurut Indriyati (2003), *seeding* merupakan proses pembuatan lumpur *startup* dengan proses pembenihan yang menggunakan penambahan bakteri *starter* yang sejenis. Pembuatan *startup* lumpur menggunakan air limbah cair domestik di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan total volume 300 liter menggunakan tnadon.

Menurut Indriyati (2003), dalam pembuatan lumpur *startup* diperlukan waktu yang cukup lama minimal 20 hari sesuai dengan proses yang digunakan apakah dengan proses *seeding* atau *feeding*. Pembuatan lumpur *startup* dengan *seeding* memerlukan tambahan bakteri *starter* yang sejenis sebanyak 0,5 samapi 1 % dari total volume awal limbah yang digunakan. Pembuatan *startup* lumpur dilakukan

selama 22 hari dengan penambahan bakteri *starter* anaerob sebanyak 0,5 % dari total volume awal air limbah yang dipakai. Penambahan bakteri *starter* diberikan pada hari pertama pembuatan *startup* lumpur saat proses *seeding* berlangsung.

Proses pembuatan *startup* lumpur dengan cara *seeding* dalam kondisi *anaerob* diindikasikan dengan terbentuknya gas metan setelah berjalan beberapa hari. Dilakukan kontrol pembentukan gas metan selama satu minggu sekali dimulai pada minggu pertama pada proses pembuatan *startup* lumpur. Gas metan yang dihasilkan akan dikeluarkan lewat saluran tersendiri pada bagian kiri atas tendon dengan menggunakan selang plastik. Pada Gambar 9 dapat dilihat proses pembuatan *startup* lumpur.



Gambar.9. Proses Pembuatan *Startup* Lumpur

Menurut Indriyati (2003), dalam proses pembuatan lumpur *startup* dengan proses *seeding* dan *feeding* memiliki

persentase hasil yang berbeda. Pembuatan lumpur startup dapat menghasilkan lumpur 15 sampai 20% dari total volume awal air limbah yang digunakan. Volume lumpur yang dihasilkan pada pembuatan *startup* lumpur selama 22 hari proses seeding sebesar 46 liter atau 18% dari total volume awal air limbah yang dipakai. Hasil yang diperoleh lebih banyak dari yang diasumsikan sebelumnya sebesar 15% dari total volume awal air limbah dan tidak jauh berbeda dari literature yang ada.

4.3 Proses Aktifasi Media Batu Kerikil Dengan HCl

Penelitian studi penurunan kandungan BOD, COD dan kadar lemak pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan reaktor UASB dengan perlakuan variasi persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media dan tanpa media sebagai perlakuan. Media yang digunakan berupa batu Krikil berukuran 0,5 sampai 2 cm yang diaktifasi dengan menggunakan larutan HCl.

Biofilter aerobik menggunakan media batu kerikil sebagai biofilter memberikan persen reduksi COD tertinggi sebesar 72,93% dengan Hydraulic Retention Time (HRT) 9 jam (Pohan, 2008). Kerikil atau batu kali pecah memiliki luas permukaan sekitar 100-200 m² dapat menurunkan kandungan BOD sampai 95% digunakan untuk mengolah air limbah domestik (Sugito, 2008), mereduksi sampai 98% untuk mengolah air limbah puskesmas, (Ifadah & Sugito, 2012). Filter kerikil dengan diameter 2 – 3 cm mampu menguraikan sebagian minyak pada limbah di pantai Kuwait (Radwan abd Al-Hasan, 2001). Kerikil dengan diameter 0,5 – 3 cm juga dapat digunakan untuk menurunkan BOD dan COD pada limbah tapioca sebesar lebih dari 95% (Suhartini, *dkk.* 2009).

Menurut Mukminin *dkk* (2003), diperlukan penggunaan media yang meningkatkan luas permukaan kontak antara limbah dan medium dalam sludge blanket sehingga dapat memperkecil volume reaktor UASB. Pembuatan media pada penelitian ini dilakukan dengan aktifasi batu krikil dengan

menggunakan larutan HCl. Batu krikil yang akan diaktivasi dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu kemudian dikeringkan. Proses aktivasi dapat membantu proses untuk memperbesar kontak anatara limbah dengan media yang dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam seperti HCL (Radwan and Al-Hasan, 2001).

Batu krikil dimasukkan kedalam wadah dan direndam dengan menambahkan larutan HCl kedalamnya sampai semua batu krikil terendam seluruhnya. Proses aktivasi dilakukan kurang lebih selama 24 jam. Batu krikil yang telah diaktifas selama kurang lebih 24 jam kemudian dikeringkan selama 1 – 2 jam.

4.4 Kinerja Reaktor UASB

Percobaan penurunan kandungan BOD, COD dan kadar lemak pada pengolahan limbah cair domestic dengan menggunakan reaktor UASB dilakukan dengan menggunakan 4 buah reaktor dengan memvariasikan persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media dan tanpa media pada sludge blanket sebagai perlakuan dengan waktu HRT 8 jam dan dilakukan 3 kali pengulangan.

Percobaan menggunakan reaktor UASB pada pengolahan limbah cair domestik dilakukan untuk mengetahui efektifitas penurunan konsentrasi bahan pencemar yang terdapat pada limbah cair domestik. Penurunan konsentrasi bahan pencemar pada limbah cair domestik dipengaruhi oleh kinerja reaktor dan perlakuan yang dilakukan, semakin besar penurunan konsentrasi bahan pencemar maka semakin bagus kinerja reaktor dan semakin besar efektifitas pada perlakuan yang diterapkan.

4.4.1 Kualitas Limbah Cair Domestik

Kualitas limbah cair domestik merupakan perbandingan nilai kandungan pencemar yang ada pada air limbah tersebut apakah layak dibuang ke perairan atau memerlukan pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi

standar baku mutu yang ada. Kualitas limbah cair dapat dilihat dari besarnya nilai kandungan pencemar yang ada. Kualitas limbah cair dapat dilihat berdasarkan karakteristik air limbah tersebut. Menurut Flint (1992), karakteristik limbah cair domestik antara lain tingginya bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak), deterjen, dan partikel bahan anorganik. Hasil penelitian antara lain menginformasikan bahwa komposisi limbah domestik sebagai berikut lemak (33%), protein (25%), selulosa (8%), pati (8%), lignin (6%), abu (20%) dengan nilai BOD berkisar antara 275 – 3000 ppm. Besarnya kandungan bahan organik ini dapat diketahui dengan mengukur jumlah oksigen, baik yang dipakai oleh bakteri maupun proses kimiawi untuk mengoksidasi zat tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana. Tingginya kandungan bahan organik dalam air limbah domestik digambarkan dengan nilai BOD₅ atau kebutuhan oksigen biologis (*Biochemical Oxygen Demand*) maupun COD atau kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*). Nilai COD digunakan secara luas sebagai suatu ukuran bagi pencemaran oleh limbah domestik maupun industri, sedangkan nilai BOD₅ digunakan untuk menentukan beban pencemaran organik akibat air limbah domestik atau industri (Alaerts dan Santika, 1987).

Percobaan penurunan kandungan COD, BOD dan kadar lemak pada limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB. Percobaan dilakukan dengan menggunakan limbah cair domestik MCK Terpadu di Kelurahan Tlogomas. Pengolahan air limbah dilakukan bertujuan untuk menurunkan kandungan bahan pencemar gas sesuai dengan baku mutu yang ada. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan (Permen LH No 5 Tahun 2014). Nilai baku mutu dapat dilihat pada Tabel 4, baku mutu air limbah domestik.

Tabel.4. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
pH		6-9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

(Sumber Permen LH No 5 Tahun 2014)

Air limbah domestik yang diambil pada MCK Terpadu di Kelurahan Tlogomas sebelum dilakukan pengolahan menggunakan reaktor UASB untuk mengetahui kualitas tingkat pencemar yang ada sehingga menjadi acuan dalam analisa data dan efektivitas hasil penurunan kandungan pencemar pada percobaan yang akan dilakukan serta perbandingan dengan baku mutu sesuai Permen LH No 5 Tahun 2014 maka dilakukan pengujian kualitas awal air limbah domestik.

Pengujian aawal kualitas air limbah domestik dilakukan di kantor Perum Jasa Tirta I berada di Jalan Surabaya, Kota Malang. Pengujian kualitas air limbah domestik dilakukan pada tiga parameter diantaranya BOD, COD dan minyak lemak. Menurut Hariri (2012), air limbah memiliki ciri-ciri yang dapat dikelompokan menjadi 3 bagian diantaranya ciri fisik, kimia dan biologis. Karakteristik limbah cair domestik yang diambil pada MCK Terpadu di Kelurahan Tlogomas secara fisik memiliki warna kuning kecoklatan, keruh, berbusa dan memiliki bau yang cukup menyengat. Hasil pengolahan air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel.5. Kualitas Air Limbah Domestik Hasil Pengujian PERUM
Jasa Tirta 1

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	BOD	mg/L	465,6
2	COD	mg/L	1.340
3	Minyak & Lemak	mg/L	8,0

Berdasarkan pada Tabel 5 dapat dilihat besarnya kandungan pencemar yang ada pada air limbah domestik yang diambil dari MCK Terpadu di Kelurahan Tlogomas. Konsentrasi pada parameter BOD sebesar 456,6 mg/l, besarnya konsentrasi parameter COD 1.340 mg/l dan besarnya konsentrasi minyak lemak 8,0 mg/l. Pada Tabel 13 dapat dilihat apakah hasil uji awal air limbah domestik yang diambil di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas melebihi baku mutu atau tidak. Menurut Sugiharto (1987) pada umumnya bahan organik yang dijumpai pada limbah domestik terdiri atas 40 – 60% protein, 25 – 40% karbohidrat, dan 10% lainnya berupa lemak atau minyak.

Tabel.6. Perbandingan Hasil Uji Awal Limbah Domestik Dengan
Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Baku Mutu	Ket.
1	BOD	mg/L	465,6	100	TM
2	COD	mg/L	1.340	100	TM
3	Minyak & Lemak	mg/L	8,0	10	M

M : Memenuhi baku mutu

TM : Tidak memenuhi baku mutu

Besarnya nilai BOD dan COD yang terdapat dalam air limbah domestik yang diambil di MCK Terpadu kelurahan Tlogomas dilihat pada Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasinya cukup tinggi. Tingginya nilai BOD

dan COD disebabkan oleh tingginya bahan organik yang dihasilkan dari sisa makanan, minuman, kegiatan rumah tangga seperti mencuci dan mandi menggunakan sabun dan deterjen serta pembuangan kotoran warga (kakus). Banyaknya beban organik dalam air limbah domestik yang menyebabkan makin tinggi jumlah oksigen terlarut untuk mengurai bahan organik dan anorganik

BOD dan COD merupakan parameter dalam pemantauan air limbah, khususnya pencemaran oleh bahan 2 organik (Azwir, 2006). BOD adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama mendegradasi bahan organik dalam waktu tertentu (Achmad, 2004), sedangkan COD adalah jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung di dalam air melalui proses kimiawi (Djajadiningrat, 1993). Besar kecilnya konsentrasi BOD dan COD dipengaruhi oleh banyak sedikitnya beban pencemaran, dalam hal ini bahan organik yang terdapat dalam limbah (Siswati, 2003).

Menurut Mara (1978) komposisi secara kualitatif limbah domestik terdiri atas bahan organik baik padat maupun cair. Pada tinja dan air seni, komposisi air dan bahan organik paling tinggi bila dibandingkan unsur lainnya. Kandungan air pada tinja berkisar antara 60 – 80%, sedangkan pada urin berkisar antara 93 – 96%. Sementara itu kandungan bahan organik pada tinja berkisar antara 88 – 97%, sedangkan pada urin berkisar antara 65 – 85%.

Kandungan minyak lemak berdasarkan hasil uji awal limbah cair domestik pada Tabel 6 memiliki kandungan konsentrasi sebesar 8 mg/l. Hasil yang ditunjukkan sudah cukup rendah dan dibawah nilai baku mutu sesuai Permen LH No 5 Tahun 2014. Kandungan minyak lemak yang sudah memenuhi nilai baku mutu bukan berarti sudah langsung dapat dibuang ke perairan karena dalam air limbah domestik yang diambil di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas ini masih memiliki nilai kandungan BOD dan COD yang cukup tinggi dapat dilihat pada Tabel 5 hasil

pengujian awal limbah cair domestik. Menurut Soemirat (2000), apabila air limbah yang memiliki nilai BOD dan COD tinggi dibuang ke lingkungan perairan, maka tentunya akan memiliki bahan organik yang tinggi yang telah ditumbuhi oleh bakteri pathogen beserta metabolisemenya yang menimbulkan bau menyengat serta gangguan pada kesehatan manusia maupun hewan yang ada disekitar perairan.

Kadar oksigen dalam air yang turun ini nantinya dapat mengganggu ekosistem perairan sehingga proses fotosintesis dalam perairan tidak dapat berjalan dengan lancar sehingga produktifitas air menjadi turun. Penurunan produktifitas ini sangat berpengaruh terhadap aktifitas fitoplankton yang terdapat dalam air sehingga rantai makanan dalam air menjadi terganggu. Kadar nutrisi, sedimen serta pathogen dalam perairan juga berpengaruh terhadap kualitas perairan. Dengan pembuangan limbah cair rumah tangga tanpa melalui pengelolaan atau karena bangunan pengolahan limbah rumah tangga yang kurang bagus maka kualitas air menjadi turun, kondisi seperti ini nantinya sangat merugikan bagi pengguna air baku (Subekti, 2009).

4.4.2 Pengaruh *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* Terhadap Perubahan Kualitas Limbah Cair Domestik

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan reaktor UASB pada limbah cair domestik yang diambil di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan parameter yang diuji diantaranya kandungan BOD, COD dan minyak lemak. Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektivitas penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak dengan melakukan variasi persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media dan tanpa media. Penelitian dilakukan menggunakan 4 buah reaktor UASB dengan waktu HRT (*Hydraulic retention Time*) 8 jam. Hasil

percobaan yang dilakukan dengan parameter akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik yang ada seperti pada Tabel 5 yang menunjukkan data hasil pengujian dilakukan oleh PERUM Jasa Tirta I, kota Malang.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan proses anerob dengan reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). Menurut Manurung (2004), proses pengolahan anaerobik adalah proses pengolahan senyawa – senyawa organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen. UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) merupakan salah satu cara pengolahan limbah secara anaerobik yang dioperasikan secara kontinyu, dalam fermentor UASB limbah dialirkan secara vertikal dari bagian bawah menuju ke atas melewati *Sludge Blanket* yang di dalamnya terdapat mikroba pengurai limbah (Besselièvre dan Schwartz, 1976).

Penelitian dilakukan untuk mengetahui besarnya efektivitas pengolahan limbah cair domestik dengan perbandingan standart baku mutu yang ada. Pengolahan air limbah dilakukan agar air limbah dapat dibuang ke perairan atau lingkungan tanpa menimbulkan masalah pencemar bagi masyarakat. Untuk menghadapi masalah pencemaran akibat pembuangan limbah, maka Soetarto (1989) memberikan informasi adanya tiga hal yang perlu diperhatikan, yaitu : (a) seberapa besar nilai meracun suatu limbah terhadap lingkungan; (b) seberapa besar limbah masih dapat diterima oleh lingkungan sampai batas yang tidak membahayakan; dan (c) bagaimana meningkatkan nilai ekonomi limbah sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

Hasil dari penelitian menggunakan reaktor UASB pada limbah cair domestik dengan HRT 8 jam dengan parameter yang diuji diantaranya BOD, COD dan minyak lemak dengan perlakuan variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20% dan 30%) dengan menggunakan media dan tanpa media dengan 3 kali pengulangan, dapat

dilihat pada Tabel 7,8 dan 9 besarnya efisiensi penurunan
dengang reaktor UASB.

Tabel.7. Hasil Pengukuran Uji BOD dengan Reaktor UASB

Kandungan BOD		
Volume Lumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	13,41	33,96
20	33,96	10,08
30	30,22	38,14

Tabel.8. Hasil Pengukuran Uji COD dengan Reaktor UASB

Kandungan COD		
VolumeLumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	35,02	48,03
20	159,75	26,82
30	81,58	106,73

Tabel.9. Hasil Pengukuran Uji Minyak Lemak dengan Reaktor UASB

Kandungan Minyak Lemak		
Volume Lumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	2,6	2,47
20	1,9	1,9
30	1,93	1,9

Berdasarkan dari hasil pengujian kandungan BOD, COD dan minyak lemak pada Tabel 7, 8 dan 9 dapat dilihat besarnya nilai efisiensi penurunan parameter yang diuji dengan variasi persentase volume lumpur awal dengan media dan tanpa media pada *sludge blanket*. Efisiensi penurunan rata-rata dari ketiga perlakuan pada kandungan BOD tanpa media sebesar 13,41 mg/l dengan volume lumpur awal 10%, 33,96 mg/l dengan volume lumpur awal 20% dan 30,22 mg/l dengan volume lumpur awal 30%. Kandungan BOD menggunakan media, dengan volume lumpur awal 10% sebesar 33,96 mg/l, volume lumpur awal 20% sebesar 10,08 mg/l dan dengan volume lumpur awal 30% sebesar 38,14 mg/l. Berdasarkan hasil pengujian air limbah domestik yang diolah dengan reaktor UASB menunjukkan efektivitas penurunan kandungan BOD yang sangat baik karena menurut standar baku mutu yang ada kandungan BOD yang boleh di buang ke lingkungan perairan sebesar 100 mg/l dan hasil pengujian sampel awal limbah sebesar 456,6 mg/l.

Efisiensi penurunan kandungan COD dengan pengolahan menggunakan reaktor UASB pada air limbah domestik menggunakan reaktor UASB tanpa menggunakan media dengan volume lumpur awal 10% sebesar 35,05 mg/l, dengan volume lumpur awal 20% sebesar 159,75 mg/l dan volume lumpur awal 30%

sebesar 81,58 mg/l. Efisiensi penurunan kandungan COD menggunakan media dengan volume lumpur awal 10% sebesar 48,03 mg/l, volume lumpur awal 20% sebesar 26,82 mg/l dan volume lumpur awal 30% sebesar 106,73 mg/l. Hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan reaktor UASB pada pengolahan air limbah domestik menunjukkan efisiensi penurunan kandungan COD yang sangat baik karena penurunan yang terjadi cukup besar dimana hasil uji awal sampel limbah cair domestik sebesar 1340 mg/l dan dibandingkan dengan standart baku mutu yang ada sebesar 100 mg/l.

Efisiensi penurunan kandungan minyak lemak dengan pengolahan menggunakan reaktor UASB pada air limbah domestik menggunakan reaktor UASB tanpa menggunakan media dengan volume lumpur awal 10% sebesar 2,6 mg/l, dengan volume lumpur awal 20% sebesar 1,9 mg/l dan volume lumpur awal 30% sebesar 1,93 mg/l. Efisiensi penurunan kandungan COD menggunakan media dengan volume lumpur awal 10% sebesar 2,47 mg/l, volume lumpur awal 20% sebesar 1,9 mg/l dan volume lumpur awal 30% sebesar 1,9 mg/l. Hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan reaktor UASB pada pengolahan air limbah domestik menunjukkan efisiensi penurunan kandungan COD yang sangat baik karena penurunan yang terjadi cukup besar dimana hasil uji awal sampel limbah cair domestik sebesar 8 mg/l dan dibandingkan dengan standart baku mutu yang ada sebesar 10 mg/l.

Perbandingan efektivitas penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak pada limbah cair domestik yang diolah menggunakan reaktor UASB dengan hasil uji awal sampel limbah cair domestik dengan HRT 8 jam dan standar baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Permen LH No 5 Tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel.10. Perbandingan Efektivitas Penurunan Kandungan BOD, COD dan Minyak Lemak

Parameter	Nilai Awal (mg/l)	Rerata Nilai Akhir HRT 8 jam (mg/l)	Baku Mutu Air Limbah (mg/l)
BOD	465,6	65,52	100
COD	1340	202,3	100
LEMAK	8	2,2	10

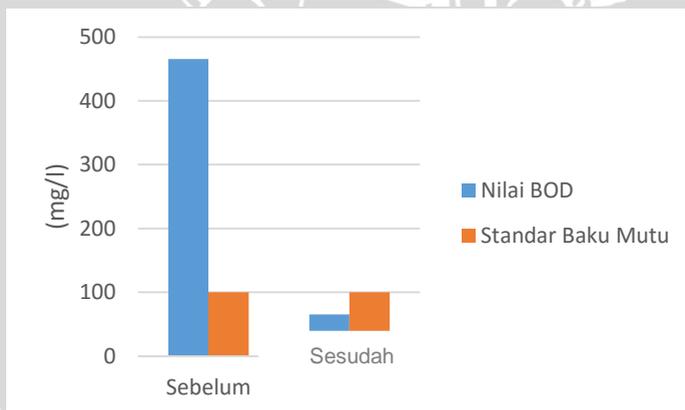
Tabel 10 diatas menunjukkan perbandingan hasil pengukuran air limbah domestik sebelum dan setelah pengolahan limbah domestik dengan reaktor UASB. Penurunan kandungan parameter-parameter limbah cair setelah dilakukan pengolahan dengan reaktor UASB menunjukkan hasil yang signifikan dan cukup baik sesuai dengan standar baku mutu yang ada.

Penurunan pada parameter-parameter yang diuji dengan nilai kandungan BOD tanpa media dari 465,6 mg/l menjadi 65,52 mg/l. Nilai kandungan COD tanpa media dari 1340 mg/l menjadi 202,30 mg/l. Nilai kandungan minyak lemak tanpa media dari 8 mg/L menjadi 2,2 mg/l.

Berdasarkan hasil pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan reaktor UASB pada air limbah domestik dengan HRT 8 jam memberikan hasil penurunan yang cukup tinggi pada parameter BOD, dan minyak lemak, tetapi kandungan COD masih melebihi standar baku mutu yang ada dan masih memerlukan pengolahan. Perbandingan hasil pengujian air limbah domestik yang diolah dengan reaktor UASB dengan HRT 8 jam dengan standar baku mutu yang ditentukan oleh PERMEN LH No.5 tahun 20014, kandungan BOD sebesar 65,52 mg/l cukup jauh dengan standar baku mutu BOD sebesar 100 mg/l. Kandungan COD 202,30 mg/l melebihi batas standar baku mutu COD sebesar 100 mg/l. Kandungan minyak lemak sebesar 2,2 mg/l cukup jauh dengan standar baku mutu BOD sebesar 8 mg/l.

Berdasarkan perbandingan kandungan nilai BOD dan minyak lemak pada rata-rata pengolahan dengan HRT 8 jam dengan standar baku mutu yang ada. Hasil kandungan COD yang belum memenuhi standar baku mutu, maka perlu dilakukan pengolahan lagi agar dapat memenuhi standar baku mutu limbah cair domestik yang ada.

Pengaruh kinerja reaktor UASB pada limbah cair domestik terhadap penurunan parameter BOD, COD dan minyak lemak dapat dilihat pada tabel-tabel diatas, dimana pengaruh kinerja reaktor UASB pada pengolahan limbah cair domestik dibandingkan dengan hasil uji awal sampel limbah cair domestik dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB dengan HRT 8 jam tanpa adanya perlakuan serta dengan standar baku mutu air limbah domestik yang ada. Pemaparan hasil kinerja reaktor UASB terhadap penurunan Parameter BOD, COD dan minyak lemak akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memperjelas tingkat efektivitas kinerja reaktor UASB. Gambar 9 menunjukkan kinerja pengolahan dengan reaktor UASB terhadap penurunan BOD.

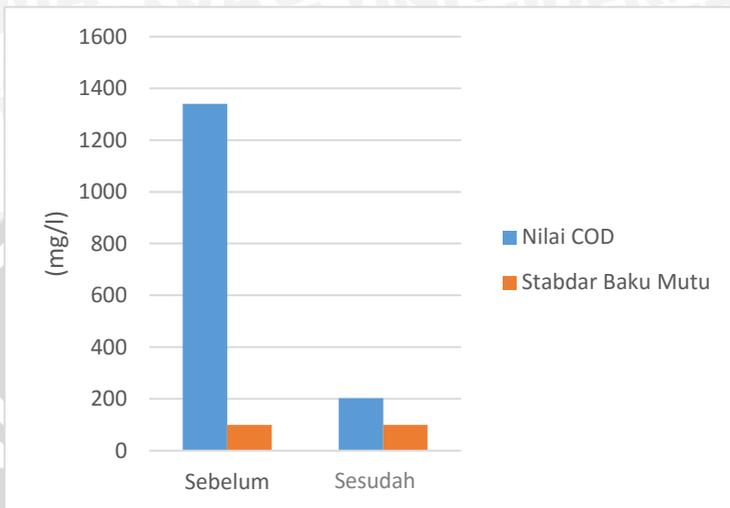


Gambar.10. Grafik Penurunan BOD

Berdasarkan Gambar 10 tentang grafik penurunan BOD menunjukkan penurunan yang sangat signifikan antara besarnya nilai BOD pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB yang ditunjukkan pada garis biru. Penurunan nilai BOD sangat tinggi mulai dari angka 465,6 mg/l menjadi 65,52 mg/l. Penurunan kandungan BOD telah memenuhi standar baku mutu air limbah domestik sesuai dengan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 yang ditunjukkan grafik, dimana antara garis biru yang menunjukkan nilai BOD sebesar 65,52 mg/l telah melewati garis merah menunjukkan nilai standar baku mutu sebesar 100 mg/l.

Penurunan kandungan BOD limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB telah memenuhi standar baku mutu air limbah domestik pengolahan dengan reaktor UASB. Penurunan kandungan BOD menunjukkan bahwa kinerja reaktor UASB dapat meremoval kandungan BOD sebesar 86%. Menurut Shin (2001), bahwa pengolahan pada limbah cair dengan menggunakan reaktor UASB memiliki persentase degradasi BOD yang mampu mencapai 60-80%.

Pengaruh kinerja reaktor UASB pada limbah cair domestik terhadap penurunan parameter BOD, COD dan minyak lemak dapat dilihat pada tabel-tabel diatas, dimana pengaruh kinerja reaktor UASB pada pengolahan limbah cair domestik dibandingkan dengan hasil uji awal sampel limbah cair domestik dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB dengan HRT 8 jam tanpa adanya perlakuan serta dengan standar baku mutu air limbah domestik yang ada. Pemaparan hasil kinerja reaktor UASB terhadap penurunan Parameter BOD, COD dan minyak lemak akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memperjelas tingkat efektivitas kinerja reaktor UASB. Gambar 11 menunjukkan kinerja pengolahan dengan reaktor UASB terhadap penurunan COD.



Gambar 11. Grafik Penurunan COD

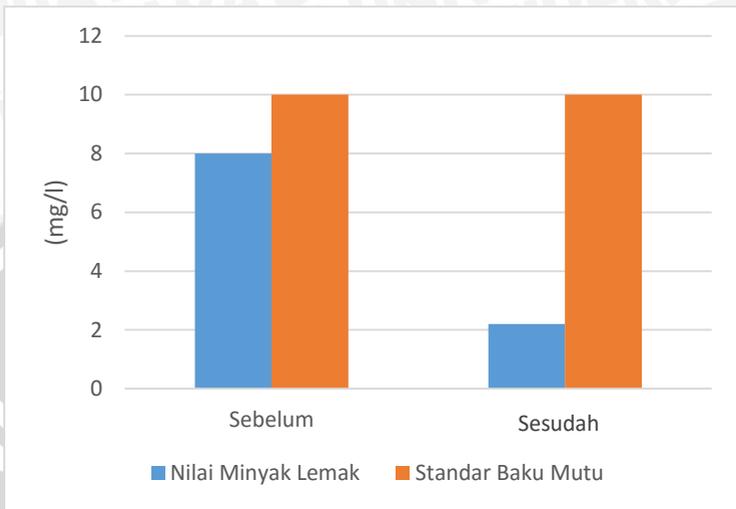
Berdasarkan Gambar 11 tentang grafik penurunan COD menunjukkan penurunan yang sangat signifikan antara besarnya nilai COD pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB yang ditunjukkan pada garis biru. Penurunan nilai COD sangat tinggi mulai dari angka 1340 mg/l menjadi 202,3 mg/l. Penurunan kandungan COD belum memenuhi standar baku mutu air limbah domestik sesuai dengan PERMEN LH No. 5 tahun 20014 yang ditunjukkan grafik, dimana antara garis biru yang menunjukkan nilai COD sebesar 202,3 mg/l belum melewati dan memotong garis merah pada grafik yang menunjukkan nilai standar baku mutu sebesar 100 mg/l.

Penurunan kandungan COD yang belum memenuhi standar baku mutu air limbah domestik bukan berarti pengolahan dengan reaktor UASB ini dikatakan gagal karena berdasarkan hasil uji kandungan COD tanpa

pengolahan sebesar 1340 mg/l setelah dilakukan pengolahan dengan reaktor UASB maka nilai kandungan COD menjadi sebesar 202,30 mg/l. Penurunan kandungan COD menunjukkan bahwa kinerja reaktor UASB dapat meremoval kandungan COD sebesar 85%. Menurut Shin (2001), bahwa pengolahan pada limbah cair dengan menggunakan reaktor UASB memiliki persentase degradasi COD yang mampu mencapai 78 - 90%.

Pengaruh kinerja reaktor UASB pada limbah cair domestik terhadap penurunan parameter BOD, COD dan minyak lemak dapat dilihat pada tabel-tabel diatas, dimana pengaruh kinerja reaktor UASB pada pengolahan limbah cair domestik dibandingkan dengan hasil uji awal sampel limbah cair domestik dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB dengan HRT 8 jam tanpa adanya perlakuan serta dengan standar baku mutu air limbah domestik yang ada. Pemaparan hasil kinerja reaktor UASB terhadap penurunan Parameter BOD, COD dan minyak lemak akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memperjelas tingkat efektivitas kinerja reaktor UASB. Gambar 12 menunjukkan kinerja pengolahan dengan reaktor UASB terhadap penurunan Kandungan minyak lemak.





Gambar 12. Grafik Penurunan Minyak Lemak

Berdasarkan Gambar 12 tentang grafik penurunan minyak lemak menunjukkan penurunan yang cukup tinggi antara besarnya nilai minyak lemak pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor UASB yang ditunjukkan pada garis biru. Penurunan nilai minyak lemak sangat tinggi mulai dari angka 8 mg/l menjadi 2,2 mg/l. Hasil pengujian sampel awal minyak lemak pada air limbah domestik yang belum diberikan pengolahan sebesar 8 mg/l sudah memenuhi standar baku mutu air limbah domestik. Grafik ini juga menunjukkan penurunan kandungan minyak lemak telah memenuhi standar baku mutu air limbah domestik sesuai dengan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 yang ditunjukkan grafik, dimana antara garis biru yang menunjukkan nilai minyak lemak sebesar 8 mg/l dan garis merah menunjukkan nilai standar baku mutu sebesar 10 mg/l.

Penurunan kandungan minyak lemak limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB telah

memenuhi standar baku mutu air limbah domestik pengolahan dengan reaktor UASB. Penurunan kandungan minyak lemak menunjukkan bahwa kinerja reaktor UASB dapat meremoval kandungan minyak lemak sebesar 73%. Menurut Shin (2001), bahwa pengolahan pada limbah cair dengan menggunakan reaktor UASB memiliki persentase degradasi minyak lemak yang mampu mencapai 65-80%.

4.4.3 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter BOD

Pengaruh persentase volume lumpur awal pada sludge blanket dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media pada pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor UASB terhadap parameter pencemar BOD. Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi persentase volume lumpur awal sebesar 10%, 20% dan 30% dengan HRT (*Hydraulic Retention Time*) 8 jam dengan 3 kali pengulangan. Hasil pengukuran parameter BOD dengan hasil uji awal sampel limbah ai domestik dapat dilihat Tabel 11.

Tabel.11. Efisiensi Penurunan Kandungan BOD

Kandungan BOD		
Volume Lumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	13,41	33,96
20	33,96	10,08
30	30,22	38,14
Influent (mg/l)	465,6	465,6

Tabel 11 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran kandungan BOD pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah diolah dengan reaktor UASB dengan perlakuan variasi persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media dan tanpa media. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 18 dapat dilihat penurunan yang cukup signifikan terjadi mulai dari volume lumpur awal 10%, 20% dan 30% dengan menggunakan media dan tanpa media terhadap hasil uji sampel awal air limbah domestik.

Nilai kandungan BOD pada penelitian yang dilakukan memiliki penurunan nilai rata-rata BOD yang lebih baik pada perlakuan tanpa media dibandingkan dengan menggunakan media dengan persentase volume lumpur awal yang sama sebesar 10%, 20% dan 30%. Hasil pengukuran kandungan BOD tanpa menggunakan media sebesar 13,41 mg/l, 33,96 mg/l dan 30,22 mg/l sedangkan hasil pengukuran kandungan BOD menggunakan media batu krikil sebesar 33,96 mg/l, 10,08 mg/l dan 38,14 mg/l. Penurunan nilai kandungan BOD yang diolah dengan reaktor UASB sangat tinggi dari nilai kandungan BOD tanpa pengolahan sebesar 456,6 mg/l.

Penurunan kandungan BOD pada pengolahan dengan reaktor UASB dengan persentase volume lumpur awal yang divariasikan dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media tidak menunjukkan bahwa persentase volume lumpur yang paling banyak atau paling rendah sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan BOD. Penambahan media batu krikil dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan BOD sebesar 33,96 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 10,08 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 38,14 mg/l. Pengolahan tanpa media dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan BOD sebesar 13,41 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 33,96 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 30,22 mg/l.

Penurunan kandungan BOD yang paling tinggi terjadi pada pengolahan dengan reaktor UASB menggunakan media batu krikil dengan persentase lumpur awal sebesar 20% dengan nilai kandungan BOD sebesar 10,08 mg/l. Penurunan konsentrasi bahan pencemar air limbah yang terjadi pada reaktor UASB membuktikan bahwa di dalam reaktor telah terjadi proses pendegradasian bahan organik, hal tersebut menandakan bahwa lumpur (*sludge bed*) hasil proses *seeding* yang digunakan dalam pengolahan mengandung banyak mikroorganisme. Menurut Nugraheni (2013), lumpur yang mengandung banyak mikroorganisme akan berperan untuk memperlancar proses pendegradasian. Sebaliknya jika lumpur aktif hanya mengandung sedikit mikroorganisme maka akan menyebabkan sulitnya limbah untuk didegradasi.

4.4.4 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter COD

Pengaruh persentase volume lumpur awal pada sludge blanket dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media pada pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor UASB terhadap parameter pencemar COD. Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi persentase volume lumpur awal sebesar 10%, 20% dan 30% dengan HRT (*Hydraulic Retention Time*) 8 jam dengan 3 kali pengulangan. Perbandingan hasil pengukuran kandungan COD setelah dilakukan pengolahan dengan reaktor UASB dan sebelum dilakukn pengolahan pada air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel.12. Efisiensi Penurunan Kandungan COD

Kandungan COD		
Volume Lumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	35,02	48,03
20	159,75	26,82
30	81,58	106,73
Influent (mg/l)	1340	1340

Tabel 12 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran kandungan COD pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah diolah dengan reaktor UASB dengan perlakuan variasi persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 19 dapat dilihat penurunan yang cukup signifikan terjadi mulai dari volume lumpur awal 10%, 20% dan 30% dengan menggunakan media dan tanpa media terhadap hasil uji sampel awal air limbah domestik.

Nilai kandungan COD pada penelitian yang dilakukan memiliki penurunan nilai rata-rata COD yang lebih baik pada perlakuan dengan penambahan media batu krikil dibandingkan dengan tanpa media yang menggunakan persentase volume lumpur awal yang sama sebesar 10%, 20% dan 30%. Hasil pengukuran kandungan COD dengan penambahan media batu krikil sebesar 48,03 mg/l, 26,82 mg/l dan 106,73 mg/l sedangkan hasil pengukuran kandungan COD tanpa media sebesar 35,02 mg/l, 159,75 mg/l dan 81,58 mg/l. Penurunan nilai kandungan COD yang diolah dengan reaktor UASB sangat tinggi dari nilai kandungan COD awal tanpa pengolahan sebesar 456,6 mg/l.

Penurunan kandungan COD pada pengolahan dengan reaktor UASB dengan persentase volume

lumpur awal yang divariasikan dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media tidak menunjukkan bahwa persentase volume lumpur yang paling banyak atau paling rendah sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan BOD. Penambahan media batu krikil dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan COD sebesar 48,03 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 26,82 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 106,73 mg/l. Pengolahan tanpa media dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan COD sebesar 35,02 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 159,75 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 81,58 mg/l.

Penurunan kandungan COD yang paling tinggi terjadi pada pengolahan dengan reaktor UASB menggunakan media batu krikil dengan persentase lumpur awal sebesar 20% dengan nilai kandungan COD sebesar 26,82 mg/l. Penurunan konsentrasi bahan pencemar air limbah yang terjadi pada reaktor UASB membuktikan bahwa di dalam reaktor telah terjadi proses pendegradasian bahan organik, hal tersebut menandakan bahwa lumpur (*sludge bed*) hasil proses *seeding* yang digunakan dalam pengolahan mengandung banyak mikroorganisme. Menurut Nugraheni (2013), lumpur yang mengandung banyak mikroorganisme akan berperan untuk memperlancar proses pendegradasian. Sebaliknya jika lumpur aktif hanya mengandung sedikit mikroorganisme maka akan menyebabkan sulitnya limbah untuk didegradasi.

4.4.5 Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal Dengan Menggunakan Media Dan Tanpa Media Terhadap Parameter Lemak

Pengaruh persentase volume lumpur awal pada sludge blanket dengan menggunakan media batu krikil

dan tanpa media pada pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor UASB terhadap parameter pencemar minyak lemak. Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi persentase volume lumpur awal sebesar 10%, 20% dan 30% dengan HRT (*Hydraulic Retention Time*) 8 jam dengan 3 kali pengulangan. Perbandingan hasil pengukuran kandungan minyak lemak setelah dilakukan pengolahan dengan reaktor UASB dan sebelum dilakukan pengolahan pada air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel.13. Efisiensi Penurunan Kandungan Minyak Lemak

Kandungan Minyak Lemak		
Volume Lumpur Awal (%)	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10	2,6	2,47
20	1,9	1,9
30	1,93	1,9
Influent (mg/l)	8	8

Tabel 13 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran kandungan minyak lemak pada limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan dan setelah diolah dengan reaktor UASB dengan perlakuan variasi persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media dan tanpa media. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 13 dapat dilihat penurunan yang cukup signifikan terjadi mulai dari volume lumpur awal 10%, 20% dan 30% dengan menggunakan media dan tanpa media terhadap hasil uji sampel awal air limbah domestik.

Nilai kandungan minyak lemak pada penelitian yang dilakukan memiliki penurunan nilai rata-rata minyak lemak

yang lebih baik pada perlakuan menggunakan media batu krikil dibandingkan dengan menggunakan media dengan persentase volume lumpur awal yang sama sebesar 10%, 20% dan 30%. Hasil pengukuran kandungan minyak lemak dengan menggunakan media abut krikil sebesar 2,47 mg/l, 1,9 mg/l dan 1,9 mg/l sedangkan hasil pengukuran kandungan minyak lemak tanpa penambahan media batu krikil sebesar 2,6 mg/l, 1,9 mg/l dan 1,93 mg/l. Penurunan nilai kandungan minyak lemak yang diolah dengan reaktor UASB sangat tinggi dari nilai kandungan minyak lemak tanpa pengolahan sebesar 8 mg/l.

Penurunan kandungan minyak lemak pada pengolahan dengan reaktor UASB dengan persentase volume lumpur awal yang divariasikan dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media tidak menunjukkan bahwa persentase volume lumpur yang paling banyak atau paling rendah sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan minyak lemak. Penambahan media batu krikil dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan minyak lemak sebesar 2,47 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 1,9 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 1,9 mg/l. Pengolahan tanpa media dengan volume lumpur awal dengan persentase 10% kandungan minyak lemak sebesar 2,6 mg/l, persentase volume lumpur awal 20% sebesar 1,9 mg/l dan persentase volume lumpur awal 30% sebesar 1,93 mg/l.

Penurunan kandungan minyak lemak yang paling tinggi terjadi pada pengolahan dengan reaktor UASB dengan penambahan media batu krikil dan tanpa penambahan media batu krikil dengan persentase lumpur awal sebesar 20% dengan nilai kandungan minyak lemak sebesar 1,9 mg/l. Penurunan konsentrasi bahan pencemar air limbah yang terjadi pada reaktor UASB membuktikan bahwa di dalam reaktor telah terjadi proses pendegradasian bahan organik, hal tersebut menandakan bahwa lumpur (*sludge bed*) hasil proses *seeding* yang

digunakan dalam pengolahan mengandung banyak mikroorganisme. Menurut Nugraheni (2013), lumpur yang mengandung banyak mikroorganisme akan berperan untuk memperlancar proses pendegradasian. Sebaliknya jika lumpur aktif hanya mengandung sedikit mikroorganisme maka akan menyebabkan sulitnya limbah untuk didegradasi.

4.4.6 Analisa Variasi Persentase Volume Lumpur Awal Dan Penggunaan Media Dengan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan BOD, COD Dan Lemak

Hasil pengukuran nilai penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak pada air limbah domestik dengan menggunakan reaktor UASB dengan memvariasikan persentase volume lumpur awal dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media akan dianalisa tentang pengaruh penggunaan media dan tanpa media dengan variasi volume lumpur (10%, 20%, 30%). Analisa dilakukan dengan membandingkan persentase penurunan parameter BOD, COD dan minyak lemak.

Analisa hasil pengukuran dilakukan dengan metode pengolahan data statistika. Metode analisa yang dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor. Faktor yang digunakan diantaranya variasi persentase volume lumpur awal dan penambahan media batu krikil dengan tanpa penambahan media batu krikil yang dianalisa dengan ANOVA. Metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) atau *randomized block design* merupakan salah satu model rancangan dalam rancangan percobaan. Rancangan acak kelompok ini digunakan bila unit percobaan tidak homogen, dimana ketidak homogen ini diduga mengarah pada satu arah. Menurut Yitnosumarto (2003), percobaan Faktorial dengan rancangan dasar

Rancangan Acak Kelompok (RAK) adalah percobaan dimana faktor yang dicobakan lebih dari satu faktor dan menggunakan RAK sebagai rancangan percobaannya. Rancangan ini dipilih apabila satuan percobaan yang digunakan tidak seragam, sehingga perlu pengelompokan.

Analisis varians (*analysis of variance*, ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Metode ini dikenal dalam literatur Indonesia dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi, yang merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan. Analisa yang dilakukan untuk dapat menarik kesimpulan mengenai hasil penelitian yang dilakukan. Analisis varians dapat digunakan untuk uji hipotesis (lebih sering dipakai) maupun pendugaan (*estimation*) (Yitnosumarto, 2003).

Penelitian penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak pada limbah cair domestik menggunakan reaktor UASB dengan perlakuan memvariasikan persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%) dengan menggunakan media batu krikil dan tanpa media dengan 3 kali pengulana. Hasil pengukuran kandungan BOD, COD dan minyak lemak yang diuji oleh PERUM Jasa tirta I, kota Malang. Analisa dilakukan dengan mealkukan perbandingan antara pengolahan dengan reaktor UASB tanpa penambahan media batu krikil pada *sludge blanket* dan penmbahan media batu krikil pada *sludge blanket* dengan menambahkan variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%).

Analisa data hasil penelitian dilakukan menggunakan metode statistika dengan Rancanagan Acak Kelompok (RAK) 2 faktorial dengan perhitungan ANOVA dan uji BNT. Tabel 14 menunjukkan hasil pengolahan data dengan metode statistika pada penurunan kandungan BOD. Tabel 15 menunjukkan efektifitas removal terhadap kandungan BOD.

Tabel.14. Efektivitas Penurunan Kandungan BOD

Lumpur (%)	Penambahan Media (mg/l)	Tanpa Media (mg/l)
10	18,58	9,85
20	9,87	48,87
30	19,52	34,91
Rata-rata (mg/l)	15,99	31,21

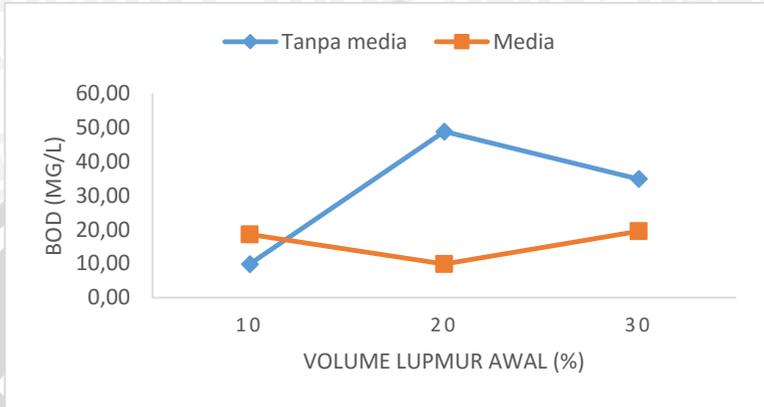
Tabel.15. Efektivitas Removal Kandungan BOD

Lumpur (%)	Penambahan Media (%)	Tanpa Media (%)
10	91	95
20	94	57
30	87	80
Rata-rata (%)	91	77

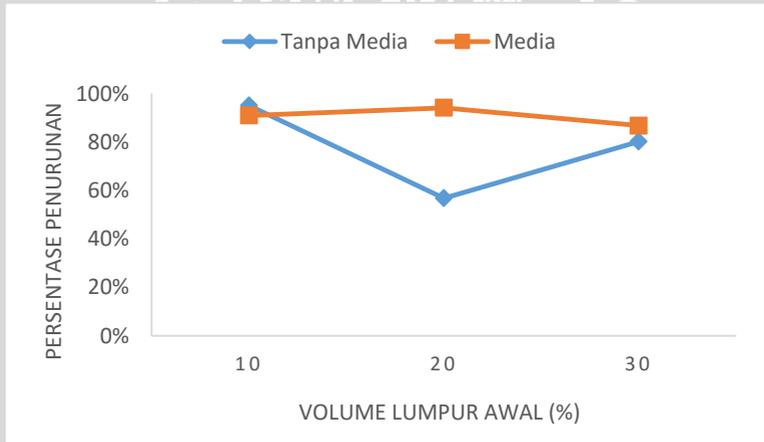
Efektivitas penurunan kandungan BOD dan efektivitas removal kandungan BOD pada Tabel 14 dan Tabel 15 didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan telah diuji hasil kandungannya. Penurunan nilai kandungan BOD pada tabel yang dilakukan dengan variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%) dengan penambahan media batu krikil dan tanpa penambahan media. Nilai pada tabel menunjukkan persentase penurunan kandungan BOD paling besar terdapat pada pengolahan dengan pada reaktor UASB dengan penambahan media dengan nilai rata-rata kandungan sebesar 15,99 mg/l dan efektivitas removal sebesar 91%.

Pengaruh persentase volume lumpur awal tidak terlalu mempengaruhi dalam proses penurunan kandungan BOD karena pada hasil yang didapat dengan 10% volume lumpur awal dengan penambahan media dan tanpa media sebesar 18,58 mg/l dan 9,85 mg/l dengan persentase removal sebesar 91% dan 95%. Penurunan kandungan BOD dengan volume lumpur awal 20% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 9,87 mg/l dan 48,87 mg/l dengan persentase removal sebesar 94% dan 57%. Penurunan kandungan BOD dengan volume lumpur awal 30% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 19,52 mg/l dan 31,21 mg/l dengan persentase removal sebesar 87% dan 80%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa persentase volume lumpur tidak terlalu mempengaruhi terhadap hasil penurunan kandungan BOD karena semakin banyak volume lumpur awal tidak menghasilkan penurunan kandungan BOD yang besar, semakin sedikit volume lumpur awal tidak mempengaruhi semakin tinggi dan semakin rendah tingkat penurunan kandungan BOD. Penurunan kandungan BOD tertinggi terdapat pada pengolahan tanpa penambahan media dengan persentase volume lumpur awal 10% dengan nilai kandungan BOD sebesar 9,85 mg/l dengan persentase removal 95%.

Efektivitas penurunan kandungan BOD dan efektivitas removal kandungan BOD berdasarkan nilai pada tabel diatas akan dijelaskan dengan menggunakan grafik pada gambar dibawah ini. Gambar 12 menunjukkan grafik efektivitas penurunan kandungan BOD dan Gambar 13 menunjukkan grafik efektivitas removal kandungan BOD.



Gambar.13. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan BOD.



Gambar.14. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan BOD.

Penurunan nilai kandungan BOD pada grafik ditunjukkan pada garis biru dan garis merah dimana garis merah pengolahan dengan penambahan media dan garis biru pengolahan tanpa penambahan media. Penurunan nilai kandungan BOD tidak dipengaruhi oleh semakin banyaknya volume lumpur awal pada *sludge blanket* reaktor UASB tetapi pada pengolahan yang dilakukan dengan penambahan media dan tanpa penambahan media cukup mempengaruhi penurunan kandungan BOD. Penurunan nilai kandungan BOD terbesar pada pengolahan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal 10% sedangkan pada pengolahan dengan penambahan media penurunan nilai kandungan BOD terbesar pada persentase volume lumpur awal 20%.

Berdasarkan grafik diatas meskipun persentase volume lumpur awal tidak memiliki pengaruh yang signifikan tetapi penambahan media memiliki pengaruh yang cukup baik secara keseluruhan terhadap penurunan kandungan BOD. Penurunan kandungan nilai BOD pada penambahan media berbeda cukup jauh dengan pengolahan tanpa penambahan media secara keseluruhan. Berdasarkan penjelasan tersebut bahwa pengolahan dengan penambahan media menunjukkan perbedaan hasil yang cukup besar secara keseluruhan namun dalam hal efisiensi penurunan kandungan BOD teringgi pada pengolahan tanpa penambahan media.

Penelitian penurunan kandungan BOD pada limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB berdasarkan hasil yang didapat seperti penjelasan dari grafik efektivitas penurunan kandungan BOD dan efektivitas removal kandungan BOD diperlukan perhitungan metode statistika dengan tabel ANOVA dan uji BNT 5% untuk memperjelas hasil yang didapat agar dapat menarik kesimpulan yang tepat. Tabel 16 menunjukkan hasil pengolahan data dengan pengaruh Interaksi antara penambahan media dan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal.

Tabel.16. Pengaruh Penambahan Media dan Tanpa Media dengan Volume Lumpur terhadap Kandungan BOD.

Media dan Persentase Lumpur	Rata-rata (mg/l)
M0L1	9,85a
M1L2	9,866667b
M1L1	18,58333c
M1L3	19,52d
M0L3	34,86667e
M0L2	48,866667f
Nilai BNT 5%	9,052976

*) Bilangan rata-rata yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P 0,05

Pengolahan dengan metode statistika dengan tabel ANOVA dan uji BNT 5%. Hasil pengolahan data pengukuran kandungan BOD yang dilakukan untuk membantu penarikan kesimpulan pengaruh variasi persentase volume lumpur awal dan penambahan media dan tanpa penambahan media pada *sludge blanket* pada pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB. Hasil pada tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada perlakuan variasi persentase lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian variasi lumpur dengan penambahan media dan tanpa penambahan media (M x L) sama-sama berpengaruh sangat nyata pada efektivitas penurunan kandungan BOD, sedangkan pengulanagan tidak berpengaruh nyata pada efektivitas penurunan kandungan BOD. Pengujian BNT 5% perlu dilakukan untuk memperjelas apakah faktor variasi lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian penambahan media dan tanpa penambahan media dengan variasi lumpur (MxL), karena pada hasil pengolahan data BOD dengan tabel ANOVA

perlakuan variasi persentase lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian variasi lumpur dengan penambahan media dan tanpa penambahan media (M x L) semuanya berpengaruh sangat nyata maka dilakukan uji BNT5% pada faktor kombinasi interaksi antra penambahan media dan tanpa media dengan persentase volume lumpur (MxL).

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa pada faktor perkalian penambahan media dan tanpa penambahan media dengan variasi persentase lumpur (M0L1, M1L2, M1L1, M1L3, M0L3, M0L2). Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M0L1) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) diikuti dengan notasi yang berbeda (a – b), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M0L1) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L1) diikuti dengan notasi yang berbeda (a – c), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M0L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (a – d), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M0L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M0L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (a – e), Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M0L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M0L2) diikuti dengan notasi yang berbeda (a – f).

Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L1) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – c), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – d), faktor

perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL3) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – e), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (MOL2) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – f).

Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – d), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL3) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – e), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (MOL2) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – f).

Faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL3) diikuti dengan notasi yang berbeda (d – e), faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (MOL2) diikuti dengan notasi yang berbeda (d – f), faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (MOL2) diikuti dengan notasi yang berbeda (e – f). Hasil terbaik untuk persentase efektivitas penurunan kandungan BOD terdapat pada faktor perkalian tanpa media dengan variasi lumpur 1 (MOL1).

Analisa data hasil penelitian berikutnya dilakukan menggunakan metode statistika yang sama dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 2 faktorial dengan perhitungan ANOVA dan uji BNT. Tabel 17 menunjukkan

hasil pengolahan data dengan metode statistika pada penurunan kandungan COD. Tabel 18 menunjukkan efektifitas removal terhadap kandungan COD.

Tabel.17. Efektivitas Penurunan Kandungan COD

Lumpur (%)	Penambahan Media (mg/l)	Tanpa Media (mg/l)
10	41,23	22,62
20	26,82	197,07
30	60,59	90,40
Rata-rata (mg/l)	42,88	103,36

Tabel.18. Efektivitas Removal Kandungan COD

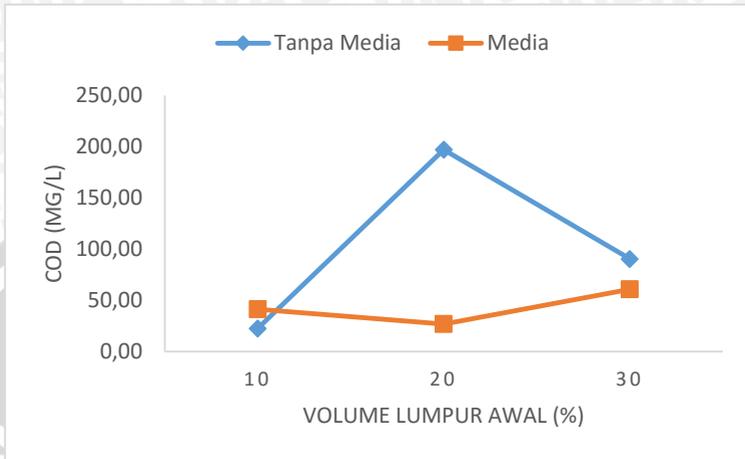
Lumpur (%)	Penambahan Media (%)	Tanpa Media (%)
10	97	98
20	98	85
30	95	93
Rata-rata (%)	97	92

Efektivitas penurunan kandungan COD dan efektifitas removal kandungan COD pada Tabel 17 dan Tabel 18 didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan telah diuji hasil kandungannya. Penurunan nilai kandungan COD pada tabel yang dilakukan dengan variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%) dengan penambahan media batu krikil dan tanpa penambahan media. Nilai pada tabel menunjukkan persentase penurunan kandungan COD paling besar terdapat pada pengolahan denagan pada reaktor UASB

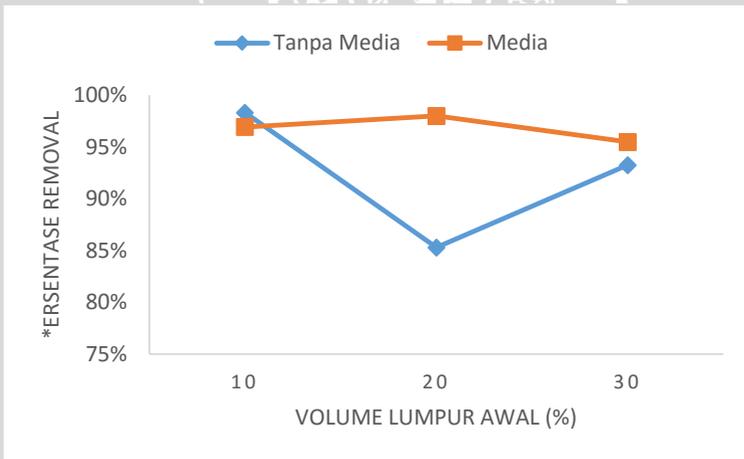
dengan penambahan media dengan nilai rata-rata kandungan sebesar 42,88 mg/l dan efektivitas removal sebesar 97%.

Pengaruh persentase volume lumpur awal tidak terlalu mempengaruhi dalam proses penurunan kandungan COD karena pada hasil yang didapat dengan 10% volume lumpur awal dengan penambahan media dan tanpa media sebesar 41,23 mg/l dan 22,62 mg/l dengan persentase removal sebesar 97% dan 98%. Penurunan kandungan COD dengan volume lumpur awal 20% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 26,82 mg/l dan 197,07 mg/l dengan persentase removal sebesar 98% dan 85%. Penurunan kandungan COD dengan volume lumpur awal 30% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 60,59 mg/l dan 90,40 mg/l dengan persentase removal sebesar 95% dan 93%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa persentase volume lumpur tidak terlalu mempengaruhi terhadap hasil penurunan kandungan COD karena semakin banyak volume lumpur awal tidak menghasilkan penurunan kandungan COD yang besar, semakin sedikit volume lumpur awal tidak mempengaruhi semakin tinggi dan semakin rendah tingkat penurunan kandungan COD. Penurunan kandungan COD tertinggi terdapat pada pengolahan tanpa penambahan media dengan persentase volume lumpur awal 10% dengan nilai kandungan COD sebesar 22,62 mg/l dengan persentase removal 98%.

Efektivitas penurunan kandungan COD dan efektivitas removal kandungan COD berdasarkan nilai pada tabel diatas akan dijelaskan dengan menggunakan grafik pada gambar dibawah ini. Gambar 15 menunjukkan grafik efektivitas penurunan kandungan COD dan Gambar 16 menunjukkan grafik efektivitas removal kandungan COD.



Gambar.15. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan COD.



Gambar.16. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan COD.

Penurunan nilai kandungan COD pada grafik ditunjukkan pada garis biru dan garis merah dimana garis

merah pengolahan dengan penambahan media dan garis biru pengolahan tanpa penambahan media. Penurunan nilai kandungan COD tidak dipengaruhi oleh semakin banyaknya volume lumpur awal pada *sludge blanket* reaktor UASB tetapi pada pengolahan yang dilakukan dengan penambahan media dan tanpa penambahan media cukup mempengaruhi penurunan kandungan COD. Penurunan nilai kandungan COD terbesar pada pengolahan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal 10% sedangkan pada pengolahan dengan penambahan media penurunan nilai kandungan COD terbesar pada persentase volume lumpur awal 20%.

Berdasarkan grafik diatas meskipun persentase volume lumpur awal tidak memiliki pengaruh yang signifikan tetapi penambahan media memiliki pengaruh yang cukup baik secara keseluruhan terhadap penurunan kandungan COD. Penurunan kandungan nilai COD pada penambahan media berbeda cukup jauh dengan pengolahan tanpa penambahan media secara keseluruhan. Berdasarkan penjelasan tersebut bahwa pengolahan dengan penambahan media menunjukkan perbedaan hasil yang cukup besar secara keseluruhan namun dalam hal efisiensi penurunan kandungan COD tertinggi pada pengolahan tanpa penambahan media.

Penelitian penurunan kandungan COD pada limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB berdasarkan hasil yang didapat seperti penjelasan dari grafik efektivitas penurunan kandungan COD dan efektivitas *removal* kandungan COD diperlukan perhitungan dengan metode statistika dengan tabel ANOVA dan uji BNT 5% untuk memperjelas hasil yang didapat agar dapat menarik kesimpulan yang tepat. Tabel 19 menunjukkan pengaruh interaksi penambahan media dan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal.

Tabel.19. Pengaruh Penambahan Media dan Tanpa Media dengan Volume Lumpur terhadap Penurunan Kandungan COD.

Media dan Persentase Lumpur	Rata-rata (mg/l)
MOL1	22,62a
M1L2	26,81667b
M1L1	41,22667c
M1L3	60,59333d
MOL3	90,40333e
MOL2	197,0667f
Nilai BNT 5%	61,50916

*) Bilangan rata-rata yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P 0,05

Pengolahan dengan metode statistika dengan tabel ANOVA dan uji BNT 5%. Hasil pengolahan data pengukuran kandungan COD yang dilakukan untuk membantu penarikan kesimpulan pengaruh variasi persentase volume lumpur awal dan penambahan media dan tanpa penambahan media pada *sludge blanket* pada pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB. Hasil pada tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada perlakuan variasi persentase lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian variasi lumpur dengan penambahan media dan tanpa penambahan media (M x L) sama-sama berpengaruh sangat nyata pada efektivitas penurunan kandungan COD, sedangkan pengulanagan tidak berpengaruh nyata pada efektivitas penurunan kandungan COD.

Pengujian BNT 5% perlu dilakukan untuk memperjelas apakah faktor variasi lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian penambahan media dan tanpa

penambahan media dengan variasi lumpur (MxL), karena pada hasil pengolahan data COD dengan tabel ANOVA perlakuan variasi persentase lumpur (L), penambahan media dan tanpa penambahan media (M) dan faktor perkalian variasi lumpur dengan penambahan media dan tanpa penambahan media (M xL) semuanya berpengaruh sangat nyata maka dilakukan uji BNT5% pada faktor kombinasi interaksi antra penambahan media dan tanpa media dengan persentase volume lumpur (MxL).

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa pada faktor perkalian penambahan media dan tanpa penambahan media dengan variasi persentase lumpur (MOL1, MOL2, MOL3, M1L1, M1L2, M1L3). Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (MOL1) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL2) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{a} - b$), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (MOL1) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL3) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{a} - c$), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (MOL1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L1) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{a} - d$), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (MOL1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{a} - e$), Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 1 (MOL1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{a} - f$).

Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL2) berbeda nyata dengan perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (MOL3) diikuti dengan notasi yang berbeda ($\bar{b} - c$), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (MOL2) berbeda nyata dengan perkalian

penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L1) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – d), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M0L2) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – e), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M0L2) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (b – f).

Faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M0L3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L1) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – d), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M0L3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – e), faktor perkalian tanpa penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M0L3) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (c – f).

Faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L2) diikuti dengan notasi yang berbeda (d – e), faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 1 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (d – f), faktor perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 2 (M1L1) berbeda nyata dengan perkalian penambahan media dengan variasi lumpur 3 (M1L3) diikuti dengan notasi yang berbeda (e – f). Hasil terbaik untuk persentase efektivitas penurunan kandungan COD terdapat pada faktor perkalian tanpa media dengan variasi lumpur 1 (M0L1).

Analisa data hasil penelitian berikutnya dilakukan menggunakan metode statistika yang sama dengan

Rancangan Acak Kelompok (RAK) 2 faktorial dengan perhitungan ANOVA dan uji BNT. Tabel 20 menunjukkan hasil pengolahan data dengan metode statistika pada penurunan kandungan minyak lemak. Tabel 21 menunjukkan efektifitas removal terhadap kandungan minyak lemak.

Efektivitas penurunan kandungan minyak lemak dan efektifitas removal kandungan minyak lemak pada Tabel 20 dan Tabel 21 didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan telah diuji hasil kandungannya. Penurunan nilai kandungan minyak lemak pada tabel yang dilakukan dengan variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%) dengan penambahan media batu krikil dan tanpa penambahan media. Nilai pada tabel menunjukkan persentase penurunan kandungan minyak lemak paling besar terdapat pada pengolahan dengan pada reaktor UASB dengan penambahan media dengan nilai rata-rata kandungan sebesar 2,09 mg/l dan efektifitas removal sebesar 79%.

Tabel.19. Efektivitas Penuruan Kandungan Minyak Lemak

Lumpur (%)	Penambahan Media (mg/l)	Tanpa Media (mg/l)
10	1,90	1,93
20	1,93	1,90
30	2,43	2,60
Rata-rata (mg/l)	2,09	2,14

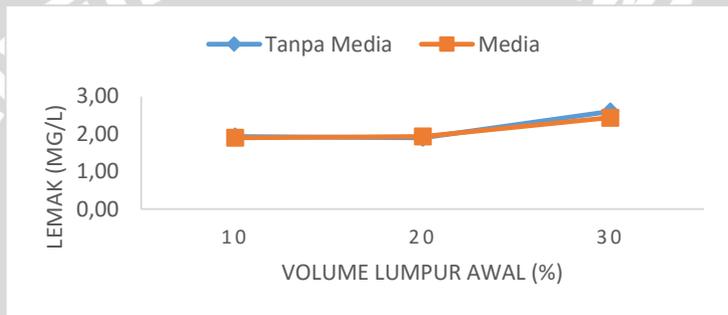
Tabel.20. Efektivitas Removal Kandungan Minyak Lemak

Lumpur (%)	Penambahan Media (%)	Tanpa Media (%)
10	81	81
20	81	81
30	76	74
Rata-rata (%)	79	79

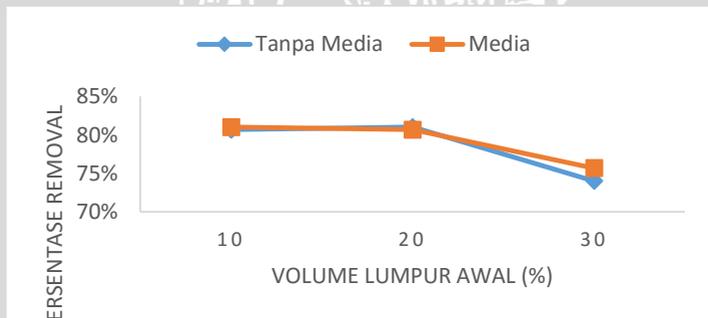
Pengaruh persentase volume lumpur awal tidak terlalu mempengaruhi dalam proses penurunan kandungan minyak lemak karena pada hasil yang didapat dengan 10% volume lumpur awal dengan penambahan media dan tanpa media sebesar 1,90 mg/l dan 1,93 mg/l dengan persentase removal sebesar 81% dan 81%. Penurunan kandungan minyak lemak dengan volume lumpur awal 20% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 1,93 mg/l dan 1,90 mg/l dengan persentase removal sebesar 81% dan 81%. Penurunan kandungan minyak lemak dengan volume lumpur awal 30% dengan penambahan media batu krikil dan tanpa media sebesar 2,43 mg/l dan 2,60 mg/l dengan persentase removal sebesar 76% dan 74%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa persentase volume lumpur tidak terlalu mempengaruhi terhadap hasil penurunan kandungan minyak lemak karena semakin banyak volume lumpur awal tidak menghasilkan penurunan kandungan minyak lemak yang besar, semakin sedikit volume lumpur awal tidak mempengaruhi semakin tinggi dan semakin rendah tingkat penurunan kandungan minyak lemak. Penurunan kandungan minyak lemak tertinggi terdapat pada pengolahan dengan penambahan media dengan persentase volume lumpur awal 10% dengan nilai kandungan minyak lemak sebesar 1,90 mg/l dengan persentase removal 81% dan pada

pengolahan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal 20% sebesar 1,90 dengan removal 81%.

Efektivitas penurunan kandungan minyak lemak dan efektivitas removal kandungan minyak lemak berdasarkan nilai pada tabel diatas akan dijelaskan dengan menggunakan grafik pada gambar dibawah ini. Gambar 17 menunjukkan grafik efektivitas penurunan kandungan minyak lemak dan Gambar 18 menunjukkan grafik efektivitas removal kandungan minyak lemak.



Gambar.17. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Penurunan Kandungan COD.



Gambar.18. Pengaruh Persentase Volume Lumpur Awal dengan Penambahan Media dan Tanpa Media Terhadap Persentase Penurunan Kandungan Minyak Lemak.

Penurunan nilai kandungan minyak lemak pada grafik ditunjukkan pada garis biru dan garis merah dimana garis merah pengolahan dengan penambahan media dan garis biru pengolahan tanpa penambahan media. Penurunan nilai kandungan minyak lemak tidak dipengaruhi oleh semakin banyaknya volume lumpur awal pada *sludge blanket* reaktor UASB tetapi pada pengolahan yang dilakukan dengan penambahan media dan tanpa penambahan media cukup mempengaruhi penurunan kandungan minyak lemak. Penurunan nilai kandungan minyak lemak terbesar pada pengolahan tanpa media dengan persentase volume lumpur awal 10% sedangkan pada pengolahan dengan penambahan media penurunan nilai kandungan minyak lemak terbesar pada persentase volume lumpur awal 20%.

Berdasarkan grafik diatas meskipun persentase volume lumpur awal tidak memiliki pengaruh yang signifikan tetapi penambahan media memiliki pengaruh yang cukup baik secara keseluruhan terhadap penurunan kandungan minyak lemak. Penurunan kandungan nilai minyak lemak pada penambahan media tidak berbeda cukup jauh dengan pengolahan tanpa penambahan media secara keseluruhan. Berdasarkan penjelasan tersebut bahwa pengolahan dengan penambahan media dan tanpa penambahan media tidak terjadi perbedaan hasil yang cukup besar secara keseluruhan namun dalam hal efisiensi penurunan kandungan minyak lemak tertinggi pada pengolahan dengan penambahan media.

Penelitian penurunan kandungan minyak lemak pada limbah cair domestik dengan menggunakan reaktor UASB berdasarkan hasil yang didapat seperti penjelasan dari grafik efektivitas penurunan kandungan minyak lemak dan efektivitas removal kandungan minyak lemak diperlukan perhitungan dengan metode statistika dengan tabel ANOVA dan uji BNT 5% untuk memperjelas hasil yang didapat agar dapat menarik kesimpulan yang tepat. Lampiran 7 menunjukkan hasil pengolahan data ANOVA menunjukkan hasil uji BNT 5%.

Hasil pengolahan data pengukuran kadar minyak lemak pada Lampiran 7, dapat dilihat dengan jelas bahwa faktor penambahan media dan tanpa media dengan variasi persentase volume lumpur awal dengan pengulangan yang dilakukan tidak jauh berbeda berbeda atau tidak berpengaruh terhadap efektivitas penurunan kadar Lemak pada limbah cair domestik dalam pengolahan dengan UASB. Hal tersebut dapat disebabkan dikarenakan faktor variasi persentase volume lumpur awal dengan penambahan media dan tanpa media dengan pengulangan yang dilakukan bisa diasumsikan tidak terjadi penurunan kadar minyak lemak yang cukup berbeda, dimana hasil pengolahan semua data tidak berpengaruh nyata maka dalam pengolahan data kadar minyak lemak dengan metode statistik dengan tabel ANOVA tidak perlu dilakukan pengujian BNT 5%.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak pada limbah cair domestik dengan pengolahan UASB, tidak dipengaruhi oleh variasi persentase volume lumpur awal (10%, 20%, 30%). Persentase penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak paling tinggi pada persentase volume lumpur awal sebesar 10% dengan rata-rata efektivitas *removal* pada kandungan BOD sebesar 93%, kandungan COD 98% dan minyak lemak 81%.
2. Penambahan media batu krikil pada *sludge blanket* meningkatkan efektivitas penurunan kandungan BOD, COD dan minyak lemak. Persentase efektivitas *removal* rata-rata penurunan kandungan BOD sebesar 91%, COD sebesar 97% dan minyak lemak sebesar 79%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan perlu adanya beberapa saran dan masukan untuk penelitian selanjutnya diantaranya:

1. Perlu pemilihan bakteri *starter* yang tepat
2. Pentingnya penambahan bakteri *starter* dalam pembuatan *startup* lumpur

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Agustian. 2006. **Immobilization Of Activated Sludge In A Column Type Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor.** Majalah IPTEK, Vol. 14 No.4. Hal. 185-192.
- Alaerts, G. dan Sri Sumentri Santika. 1987. **Metode Penelitian Air.** Usaha Nasional, Jakarta
- Ariens, E.J., 1986. **Toksikologi Umum: Pengantar.** Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal. 297.
- Azizah. 2011. **Kimia Lingkungan I.** Penerbit Departemen Teknik Lingkungan ITB, Bandung: 139, 146-150.
- Besselièvre E.B. dan Schwartz M., 1976. **The Treatment of Industrial Wastes, 2nd edition.** Mc Graw Hill Kogakusha, Tokyo. Rahardjo, 2008.
- Cardova. 2008. **Pendugaan Bahan Tercemar Yang Terkandung Dalam Air Limbah.** Medan: Universitas Sumatera Utara Press. Medan
- Doraja, P.H., Maya, Shovitri dan N.D. Kuswytasari. 2012. **Biodegradasi Limbah Domestik Dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tanki Septik.** Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya
- Eiger and Smith. 2002. **Chemistry of Natural Water.** Ann Arbor Science Publisher Inc. Michigan.
- Eriksson, Eva, Karina Auffarth, Mogens Henze, dan Anna Ledin. 2002. **Characteristics of Grey Wastewater.** Urban Water 4, 85-104.

Flint, K.P. 1992. **Microbial Ecology of Domestic Waste**. In Brns, R.G. and Slater, J.H. (Eds). Experimental Microbial Ecology. Blackwell Scientific Publication.

Hariri. 2012. **Pembuangan Tinja dan Limbah Cair**. Jakarta: EGP.

Hulshoff, Pol, L.W.; van de Worp, J.J.M.; Lettinga, G.; and Beverloo, W. A., 2004. **Physical Characterization of Anaerobic Granular Sludge**. In Anaerobic Treatment. A grown-up Technology. RAI Halls, Amsterdam.

Ifadah, S. M. & Sugito. 2012. **Kinerja IPAL Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah**. Domestikdi UPT Puskesmas Janti Kota Malang.

Indriyati. 2003. **Proses Pembenihan (Seeding) Dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed**. Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penrapan Teknologi, Jakarta. J.Tek.Ling. P3TL-BPPT. (2):54-60.

Lindstorm, Carl. 2000. **Greywater Irrigation: Grey Waste Treatment**. Urban Water 4, 85-104.

Lettinga, G., 2001. **Use Of The Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept For Biological Wastewater Treatment Especially For Anaerobic Treatment**. Biotech and Bioeng.Vol. 27, pp. 699-734.

Mangunwidjaja, D. dan A. Suryani., 1994. **Teknologi Bioproses**. Penebar Swadaya, Jakarta.

Manurung, Renita. 2004. **Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit**. Program Studi Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. e-USU Repository.

Mara, D. 2004. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. Earthscan. London.

McHugh S., O'Reilly C., Mahony T., Colleran E., O'Flaherty V. 2003. **Anaerobic Granular Sludge Bioreactor Technology**. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 2: 225.–245.

McLeod, Raymond dan Schell. 1990. **Waste Management**. Canada: Nova Science.

McKinney. 2004. **Environmental pollution Control Microbiology**. Marcel Dekker Inc. UK

Metcalf & Eddy. 1991. **Waste Water Engineering, Treatment, Disposal, Reuse, 3rd edition**. McGraw Hill Inc., New York.

----- . 2003. **Waste Water Engineering, Treatment, Disposal, Reuse. 3rd edition**. New York : Mc Graw-Hill.

Mukminin, Amirul, Wignnyanto, & Nur, Hidayat. 2003. **Perancangan Unit Pengolahan Limbah Cair Tapioka Dengan Sistem Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Untuk Industri Skala Menengah**. Jurnal. Tek. Pert. Vol 4 (2): 91 – 107. Universitas Brawijaya. Malang.

Mukhtasor. 2007. **Pencemaran Pesisir dan Laut**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita

Nugraheni, Mutiara. 2013. **Teknologi Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu Untuk Pembuatan Kecap Ampas Tahu**. Inotek. Vol 12, No. 1.

Nugroho, Astri. 2007. **“Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonklasik: Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium (The**

Dynamic population of the Bacterial Hydrocarbonoclastic Concorsiumin the Crude Oil Slude Degradation).” Jurnal Ilmu Dasar. Vol 8 No 1 Hal 13-23.

Pohan, Nurhasmawaty. 2008. **Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik** .Thesis Master. Program Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara. Medan.

Rachman. 2005. **Pengendalian Pencemaran Air**. Surabaya : Bapedal Provinsi Jatim.

Radwan, S.S. and R. H. Al-Hasan. 2001. **Potential application of coastal biofilm-coated gravel particles for treating oily waste**. Aquat Microb Ecol. 23: 113 – 117.

Rahardjo, Nugro. 2008. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Fisika**. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Santi. 2004. **Studi Evaluasi Pengolahan Air Limbah Industri Secara Terpusat**. Cetakan ketiga. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan.

Shin, H.S., Han, S.K., Song, Y.C., dan Lee, C.Y., 2001. **Performance of UASB Reactor Treating Leachate from Acidogenic Fermenter in the Two-phase Anaerobic Digestion of Food Waste**. Wat. Res., 35, 3441-3447.

Soetarto, E. 1989. **Pengolahan Limbah Secara Hayati**. Fakultas Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.

Subekti, Sri. 2009. **PENGELOLAAN LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA**. Fakultas Teknik, Teknik Lingkungan Universitas Pandanaran Semarang.

Sugiharto, 1987. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.** Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Sugito. 2012. **Aplikasi Biofilter Aerobik Untuk Menurunkan Kandungan Detergen Pada Air Limbah Laundry.** Jurnal Teknik. Volume 10 Nomor 02 – Juli 2012 – ISSN : 1412-1867. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Suhartini, S., N. Hidayat dan B. R. Wiryosudarmo. 2009. **Teknologi Produksi Bio-energi dan Air Bersih melalui Pengolahan Limbah Cair Tapioka.** Laporan Penelitian. Hibah Penelitian Strategis Nasional.

Soemirat, Juli. 2000. **Kesehatan Lingkungan.** Bandung : Gajah Mada University Press.

Syafila, Mindriany, Asis, H. & Djajadiningrat. 2003. **Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu Untuk Pengolahan Air Buangan Yang mengandung Molase.** PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 35 A, No. 1, 2003, 19-31. Bogor.

Syafrudin 2014. **Ringkasan Disertasi Pengolahan Air Limbah Domestik Tipe Greywater Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).** Program Doktor Ilmu Lingkungan Program, Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.

Syamsiah, S., 1997. **Dasar-Dasar Penanganan Limbah Cair: Bahan Ajar Kursus Dasar-Dasar Pengendalian Pencemaran Lingkungan.** Badan Pengendalian Dampak Lingkungan - Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada.

Wendland, C., 2008. **Anaerobic Digestion of Blackwater and Kitchen Refuse.** PhD thesis. Technischen Universität Hamburg-Harburg. Germany.

Widianti, Dini dan Handjani, Marisa. 2008. **Studi Karakteristik Greywater Untuk Melihat Potensi Pemanfaatan Greywater Di Kota Bandung.** Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bogor.

Yitnosumarto, S. 2003. **Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya.** Gramedia PU. Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran.1. Dokumentasi Penelitian



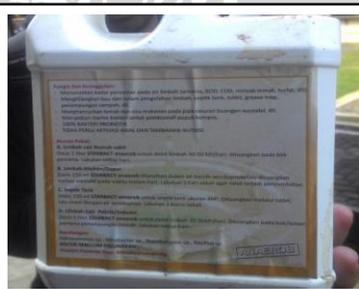
Jurigen



Cool Box



Gelas Ukur



Starbacks



Stop Kontak



Tempat Pengambilan Sampel



Pompa Celup



Kerangka Penyangga Alat



Reaktor



Tempat Pembuatan *Starup*



Proses Aktivasi Media



Setelah Proses Akrivasi



Pengeringan Media



Proses *seeding* lumpur



Pengambilan Limbah Cair



Pengambilan Limbah Cair



Pembuatan *Startup*



Hasil *startup*



Proses Pengolahan



Pengambilan sampel



Sampel

Lampiran.2. Hasil Pengukuran Limbah Cair Dari PERUM Jasa Tirta I



LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanjar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 1754 S/LKA MLG/IV/2016

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : **Trio Romario**
Name
Alamat : **JL.MT. Haryono Gg V Malang**
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : **Ext. 997 - 1008 /PC/III/2016/ 1039 - 1050**
Sample Code
Jenis Contoh Uji : **Air Limbah**
Type Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : **Limbah Domestik Grey Water**
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : **-**
Sampling Done By
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : **-**
Date Time of Sampling
Tgl/Jam Penerimaan Contoh Uji : **31 Maret 2016 Jam : 15 : 00 WIB**
Date Time of Sample Received in Laboratory
Kondisi Contoh uji : **Belum dilakukan pengawetan**
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/Tanggal :
Place / Date of Issue

Malang, 15 April 2016



Pengambilan sampel dilakukan oleh Trio Romario
Tanggal, 31 Maret 2016

Laboratorium Lingkungan
Perum Jasa Tirta I



Imam Buchori, ST, M.Sc
Manajer Laboratorium
Manager of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa ijin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 1754 SLKA MLG/IV/2016

Halaman 2 dari
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji / Sample Code : Ext. 997 - 1008 / PC/III/2016/ 1039 - 1050

Metode Pengambilan Contoh Uji / Sampling Method : -

Tempat Analisa / Place of Analysis : Laboratorium Lingkungan PTT I Malang

Tanggal Analisa / Testing Date(s) : 31 Maret - 14 April 2016

HASIL ANALISA
 Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
B1-1					
1	BOD	mg/L	7,90	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	20,15	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
B1-2					
1	BOD	mg/L	14,55	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	38,24	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
B1-3					
1	BOD	mg/L	17,78	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	46,66	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	4,0	APHA. 5220 B-1998	-
M1-1					
1	BOD	mg/L	13,65	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	38,78	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M1-2					
1	BOD	mg/L	8,80	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	19,68	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	2,0	APHA. 5220 B-1998	-
M1-3					
1	BOD	mg/L	24,90	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	85,62	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	3,5	APHA. 5220 B-1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from

Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 1754 S/LKA MLG/IV/2016

Halaman 2 dari
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji / Sample Code : Ext. 997 - 1008 /PC/III/2016/ 1039 - 1050

Metode Pengambilan Contoh Uji / Sampling Method : -

Tempat Analisa / Place of Analysis : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang

Tanggal Analisa / Testing Date(s) : 31 Maret - 14 April 2016

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
B2-1					
1	BOD	mg/L	58,40	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	294,1	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
B2-2					
1	BOD	mg/L	31,28	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	136,0	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
B2-3					
1	BOD	mg/L	12,20	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	49,16	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M2-1					
1	BOD	mg/L	9,95	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	26,60	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M2-2					
1	BOD	mg/L	9,45	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	25,82	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M2-3					
1	BOD	mg/L	10,85	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	28,03	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh siji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini kepada pihak lain.
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 1767 S/LKA MLG/IV/2016

Halaman 2 dari :
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 17 - 22 /PC/IV/2016/ 17 - 22
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 01 April - 14 April 2016
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA
 Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
B3-1					
1	BOD	mg/L	35,98	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	100,2	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	2,0	APHA. 5220 B-1998	-
B3-2					
1	BOD	mg/L	17,20	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	53,58	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
B3-3					
1	BOD	mg/L	37,48	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	90,95	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M3-1					
1	BOD	mg/L	26,23	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	79,04	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M3-2					
1	BOD	mg/L	38,85	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	80,06	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-
M3-3					
1	BOD	mg/L	49,35	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	161,1	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	<1,9	APHA. 5220 B-1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

Nomor : 1766 S/LKA MLG/IV/2016

Halaman 2 dari
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji - Sample Code : Ext. 04 - 16 /PC/IV/2016/ 04 - 16

Metode Pengambilan Contoh Uji - Sampling Method : -

Tempat Analisa - Place of Analysis : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang

Tanggal Analisa - Testing Date(s) : 31 Maret - 14 April 2016

HASIL ANALISA
 Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Input					
1	BOD	mg/L	465,6	APHA. 5210 B-1998	-
2	COD	mg/L	1340	Q/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Minyak & Lemak	mg/L	8,0	APHA. 5220 B-1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Lampiran.3. Rekap Hasil Pengukuran Kadar BOD, COD , Minyak Lemak Dan Rerata Nilai Akhir (HRT 8 jam)

PARAMETER	NILAI AWAL	RERATA NILAI AKHIR (HRT 8jam)	BAKU MUTU AIR LIMBAH
COD	1340 mg/L	202,3	275 mg/L
BOD	465,6 mg/L	65,52	150 mg/L
LEMAK	8 mg/L	2,2	10 mg/L

Kandungan BOD		
Volume Lumpur Awal	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10%	13.41	33.96
20%	33.96	10.08
30%	30.22	38.14
Influent (mg/l)	465.6	465.6

Kandungan COD		
Volume Lumpur Awal	Tanpa Media (mg/l)	Media (mg/l)
10%	35.02	48.03
20%	159.75	26.82
30%	81.58	106.73
Influent (mg/l)	1340	1340

Kandungan Lemak

Volume Lumpur Awal	Tanpa Media (mg/l)	Media(mg/l)
10%	2.6	2.47
20%	1.9	1.9
30%	1.93	1.9
Influent (mg/l)	8	8



Lampiran.4. Daftar Rumus Yang Dipakai Pada Pembuatan Laporan

$$\text{Jumlah} = \text{Data1} + \text{Data2} + \text{Data3} + \dots + \text{Data} (n)$$

$$\text{Rata-Rata} = \frac{\text{Data1} + \text{Data2} + \text{Data3} + \dots + \text{Data}(n)}{n}$$

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Data1} - \text{Data2}}{\text{Data1}} \times 100\%$$

Analisa data Statistika dengan Rancangan Acak Faktorial 2 faktor dan, tabel Anova dan Uji BNT 5%

Jumlah M (J) = Penambahan Media dan Tanpa Media (2)

Jumlah L (L) = Persentase Volume Lumpur Awal (3)

Jumlah pengulangan (P) = 3

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{\text{Grand Kuadrat Total}}{J \times D \times P}$$

$$\text{dB (M)} = M - 1$$

$$\text{dB (L)} = L - 1$$

$$\text{dB (P)} = P - 1$$

$$\text{dB MxL} = (M - 1) \times (L - 1)$$

$$\text{dB total} = (M \times L \times P) - 1$$

$$\text{dB Galat} = \text{dB Total} - \text{dB P} - \text{dB M} - \text{dB L} - \text{dB MxL}$$

$$\text{JK Total} = \sum x^2 - \text{FK}$$

$$\text{JK (M)} = \frac{\sum J \text{ Kuadrat}}{L \times P} - \text{FK}$$

$$\text{JK (L)} = \frac{\sum D \text{ Kuadrat}}{M \times P} - \text{FK}$$

$$JK \text{ Interaksi (MxL)} = \frac{EJD \text{ Kuadrat}}{P} - FK -$$

$$JKM - JKL$$

$$JK \text{ pengulangan (P)} = \frac{\Sigma P \text{ Kuadrat}}{LxM} - FK$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JKM - JKL - JK \text{ (MxL)} - JKP$$

$$KT (M) = \frac{JK M}{dB M}$$

$$KT (L) = \frac{JK L}{dB L}$$

$$KT (MxL) = \frac{JK MxL}{dB MxL}$$

$$KT (P) = \frac{JK P}{dB P}$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK \text{ Galat}}{dB \text{ Galat}}$$

$$F \text{ Hitung (P)} = \frac{KT P}{KT \text{ Galat}}$$

$$F \text{ Hitung (M)} = \frac{KT M}{KT \text{ Galat}}$$

$$F \text{ Hitung (L)} = \frac{KT L}{KT \text{ Galat}}$$

$$F \text{ Hitung (MxL)} = \frac{KT MxL}{KT \text{ Galat}}$$

$$BNT 5\% = t_{(0,05,dbG)} \times \sqrt{\frac{2(KT \text{ Galat})}{r}}$$

Lampiran.5. Perhitungan COD

no	perlakuan	ulangan			jumlah	rata-rata
		1	2	3		
1	MOL1	20.15	19.68	28.03	67.86	22.62
2	MOL2	294.1	136	161.1	591.2	197.0667
3	MOL3	100.2	80.06	90.95	271.21	90.40333
4	M1L1	38.78	38.24	46.66	123.68	41.22667
5	M1L2	26.6	25.82	28.03	80.45	26.81667
6	M1L3	79.04	53.58	49.16	181.78	60.59333
	TOTAL	558.87	353.38	403.93	1316.18	
	RERATA UMUM					73.12111

jumlah (M) =	2
Jumlah (L) =	3
ulangan =	3
faktor koreksi =	96240.54
db(M) =	1
db(L) =	2
db ulangan =	2
db MxL =	2
db total =	17
db galat =	10
JK total =	79842.13

M/L	M0	M1	rata-rata	total
L1	67.86	123.68	95.77	191.54
L2	591.2	80.45	335.825	671.65
L3	271.21	181.78	226.495	452.99
rata-rata	310.09	128.63667		
total	930.27	385.91		1316.18

JK (L) =	19259.66
JK (M) =	16462.66
JK (MxL) =	28867.2
JK ULANGAN =	3821.547
JK GALAT	11431.06
KT (L) =	9629.831
KT (M) =	16462.66
KT (MxL) =	14433.6
KT (ULANGAN) =	1910.774
KT (GALAT) =	1143.106

F hit ULANGAN =	1.671563
F hit (M) =	14.40169
F hit (L) =	8.424269
F hit (MxL) =	12.62665

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. TABEL		
					0.05	0.01	
ULANGAN	2	3821.547	1910.7735	1.671563	tn	4.10282	7.559432158
M	1	16462.656	16462.656	14.40169	**	4.96460	10.04428927
L	2	19259.662	9629.8308	8.424269	**	4.10282	7.559432158
MxL	2	28867.204	14433.602	12.62665	**	4.10282	7.559432158
GALAT	10	11431.058	1143.1058				
TOTAL	17						

Uji BNT 5% "L"

BNT 5%	
KT Galat	1143.106
t (α, db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	43.49355

L1	191.54	a
L3	452.99	b
L2	671.65	c

Uji BNT 5% "M"

BNT 5%	
KT Galat	1143.106
t (α , db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	35.51233

M1	128.6367	a
M0	310.09	b

Uji BNT 5% "MxL"

BNT 5%	
KT Galat	1143.106
t (α , db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	61.50916

MOL1	22.62	a
M1L2	26.81667	b
M1L1	41.22667	c
M1L3	60.59333	d
MOL3	90.40333	e
MOL2	197.0667	f

Lampiran.6. Perhitungan BOD

no	perlakuan	ulangan			jumlah	rata-rata
		1	2	3		
1	MOL1	7.9	9.45	12.2	29.55	9.85
2	MOL2	58.4	38.85	49.35	146.6	48.86667
3	MOL3	35.98	31.28	37.48	104.74	34.91333
4	M1L1	13.65	17.2	24.9	55.75	18.58333
5	M1L2	9.95	8.8	10.85	29.6	9.866667
6	M1L3	26.23	14.55	17.78	58.56	19.52
	TOTAL	152.11	120.13	152.56	424.8	
	RERATA UMUM					23.6

jumlah (M) =	2
Jumlah (L) =	3
ulangan =	3
faktor koreksi =	10025.28
db(M) =	1
db(L) =	2
db ulangan =	2
db MxL =	2
db total =	17
db galat =	10
JK total =	3920.508

M/L	M0	M1	rata-rata	total
L1	29.55	55.75	42.65	85.3
L2	146.6	29.6	88.1	176.2
L3	104.74	58.56	81.65	163.3
rata-rata	93.63	47.97		
total	280.89	143.91		424.8

JK (L) =	806.29
JK (M) =	1042.418
JK (MxL) =	1708.921
JK ULANGAN =	115.2571
JK GALAT	247.6222
KT (L) =	403.145
KT (M) =	1042.418
KT (MxL) =	854.4605
KT (ULANGAN) =	57.62855
KT (GALAT) =	24.76222

F hit ULNGAN =	2.327278
F hit (M) =	42.09711
F hit (L) =	16.28065
F hit (MxL) =	34.50662

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. TABEL		
					0.05	0.01	
ULANGAN	2	115.2571	57.62855	2.327278	tn	4.10282	7.559432158
M	1	1042.4178	1042.4178	42.09711	**	4.96460	10.04428927
L	2	806.29	403.145	16.28065	**	4.10282	7.559432158
MxL	2	1708.9209	854.46047	34.50662	**	4.10282	7.559432158
GALAT	10	247.62217	24.762217				
TOTAL	17						

Uji BNT 5% "L"

BNT 5%	
KT Galat	24.76222
t (α, db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	6.401421

L1	85.3	a
L3	163.3	b
L2	176.2	c

Uji BNT 5% "M"

BNT 5%	
KT Galat	24.76222
t (α , db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	5.226738

M1	47.97	a
M0	93.63	b

Uji BNT 5% "MxL"

BNT 5%	
KT Galat	24.76222
t (α , db G)	2.228139
a	0.05
db G	10
r	3
Nilai BNT 5%	9.052976

M0L1	9.85	a
M1L2	9.866667	b
M1L1	18.58333	c
M1L3	19.52	d
M0L3	34.91333	e
M0L2	48.86667	f

Lampiran.7. Perhitungan Minyak Lemak

no	perlakuan		ulangan		jumlah	rata-rata
			1	2	3	
1	M0L1		1.9	1.9	2	5.8 1.933333
2	M0L2		1.9	1.9	1.9	5.7 1.9
3	M0L3		4	1.9	1.9	7.8 2.6
4	M1L1		1.9	1.9	1.9	5.7 1.9
5	M1L2		2	1.9	1.9	5.8 1.933333
6	M1L3		3.5	1.9	1.9	7.3 2.433333
	TOTAL		15.2	11.4	11.5	38.1
	RERATA UMUM					2.116667

jumlah (M) = 2
 Jumlah (L) = 3
 ulangan = 3
 faktor koreksi = 80.645
 db(M) = 1
 db(L) = 2
 db ulangan = 2
 db MxL = 2
 db total = 17
 db galat = 10
 JK total = 6.145

M/L	M0	M1	rata-rata	total
L1	5.8	5.7	5.75	11.5
L2	5.7	5.8	5.75	11.5
L3	7.8	7.3	7.55	15.1
rata-rata	6.433333	6.266667		
total	19.3	18.8		38.1

JK (L) =	1.44
JK (M) =	0.013889
JK (MxL) =	0.031111
JK ULANGAN =	1.563333
JK GALAT	3.096667
KT (L) =	0.72
KT (M) =	0.013889
KT (MxL) =	0.015556
KT (ULANGAN) =	0.781667
KT (GALAT) =	0.309667

F hit ULANGAN =	2.52422
F hit (M) =	0.044851
F hit (L) =	2.325081
F hit (MxL) =	0.050233

SK	DB	JK	KT	F.HIT		F. TABEL	
						0.05	0.01
ULANGAN	2	1.5633333	0.7816667	2.52422	tn	4.10282	7.559432158
M	1	0.0138889	0.0138889	0.044851	tn	4.96460	10.04428927
L	2	1.44	0.72	2.325081	tn	4.10282	7.559432158
MxL	2	0.0311111	0.0155556	0.050233	tn	4.10282	7.559432158
GALAT	10	3.0966667	0.3096667				
TOTAL	17						