

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 359/Kesehatan Lingkungan

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN KERJASAMA DALAM NEGERI**



JUDUL :

**RANCANG BANGUN MOVING BED BIOFILM REACTOR DENGAN
POLYURETHANE FOAM MEDIA UNTUK PENGOLAHAN SENYAWA
ORGANIK NONBIODEGRADABLE AIR LIMBAH RUMAH SAKIT**

TIM PENGUSUL DAN MITRA

Ketua : Dr. Ir. IVA RUSTANTI ERI, MT. NIDN.4017096901

Anggota : DARJATI, SKM.,M.Pd. NIDN.4005125801

TRI WAHYUNINGSIH (RSUD Kab. SIDOARJO)

**KEMENTERIAN KESEHATAN R.I.
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENTERIAN KESEHATAN SURABAYA
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN SURABAYA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENELITIAN KERJA SAMA DALAM NEGERI

Judul	Rancang Bangun Moving Bed Biofilm Reactor Dengan Polyurethane Foam Media Untuk Pengolahan Senyawa Organik Nonbiodegradable Air Limbah Rumah Sakit
Kode/Nama Rumpun Ilmu	: 359/ Kesehatan Lingkungan
Bidang Unggulan P.T.	: Rekayasa Teknologi Tepat Guna
Topik Penelitian	: Pengolahan Air Limbah
Ketua TPP	:
a. Nama Lengkap	: Dr.Ir. Iva Rustanti Eri, MT.
b. NIP	: 196909171995022001
c. Jabatan Fungsional	: Lektor
d. Program Studi	: Kesehatan Lingkungan Surabaya
e. Nomor HP	: 081231304567
f. Alamat e-mail	: ivarust.eri@gmail.com
Anggota Peneliti (1)	:
a. Nama Lengkap	: Darjati, SKM., M.Pd.
b. NIP	: 195812051986032002
c. Program Studi	: Kesehatan Lingkungan Surabaya
Ketua TMM	:
a. Nama Lengkap	: Tri Wahyuningsih, AMdKL
b. NIP	: 19800912 200902 2 006
c. Jabatan Fungsional	: Sanitarian, Kepala Instalasi IPAL
d. Instansi	: RSUD Kabupaten Sidoarjo,
e. Nomor HP	: 081235876153
f. Alamat e-mail	: tri_wahyu5598@yahoo.com
Lama Penelitian	: 1 Tahun
Total Biaya Penelitian	: Rp. 90.000.000,- (Sembilan Puluh Juta Rupiah)
Biaya Tahun Berjalan	: - dana diusulkan Rp. 90.000.000,- - dana institusi lain Rp. - in kind sebutkan: Biaya lahan penelitian

Surabaya, 11 Oktober 2019

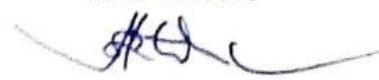
Pakar Penelitian Kerjasama Dalam Negeri



Dr. Ir. Era Purwanto, M.Eng
NIP. 196106011987011001

Mengetahui,

Ketua Unit PPM



Setiawan, SKM., M.Psi
NIP. 196304211985031005

Ketua Peneliti



Dr. Ir. Iva Rustanti Eri, MT
NIP. 196909171995022001

Mengesahkan,

Direktur

Poltekkes Kemenkes Surabaya



drg. Bambang Hadi Sugito, M.Kes.
NIP. 1962042919931002

SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Ir. Iva Rustanti Eri W, MT
NIDN : 4017096901
Pangkat/Golongan : Pembina / IVA
Jabatan Fungsional : Lektor
No. HP : 081231304567
Email : ivarust.eri@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa Protokol Penelitian Saya yang berjudul:

Rancang Bangun Moving Bed Biofilm Reactor Dengan Polyurethane Foam Media Untuk Pengolahan Senyawa Organik Nonbiodegradable Air Limbah Rumah Sakit,

yang diusulkan dalam skema Penelitian Kerjasama Dalam Negeri untuk tahun anggaran 2019 bersifat original dan belum dibiayai oleh lembaga/ sumber dana lain

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke Kas Negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Pebruari 2019

Mengetahui,
Ketua Unit PPM

Yang menyatakan

Setiawan, SKM.,M.Psi
NIP. 196304211985031005



Dr.Ir. Iva Rustanti Eri, MT
NIP. 196909171995022001

Menyetujui,
Direktur
Poltekkes Kemenkes Surabaya

drg. Bambang Hadi Sugito, M.Kes
NIP. 196204291993031002

DAFTAR ISI

	Hal.
Halaman Sampul	
Halaman Pengesahan	
Surat Pernyataan Ketua Peneliti	i
Daftar Isi	ii
Daftar Tabel	iii
Daftar Gambar	iv
Abstrak	1
Bab 1. PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	3
1.2.Tujuan penelitian	3
1.3.Manfaat Penelitian	3
1.4.Definisi dan Ruang Lingkup	4
1.5.Kebaruan dan Terobosan	6
Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air Limbah Rumah Sakit	6
2.2. Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit	7
2.3. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit	9
2.4. <i>Moving bed biofilm reactor</i> (MBBR)	11
2.5. <i>Road map</i> Penelitian	12
Bab 3. METODE PENELITIAN	12
3.1. Disain Penelitian	12
3.2. Tahapan Penelitian	12
3.2.1. Tahap I, sistem <i>batch</i>	13
3.2.2. Tahap II, sistem kontinyu	16
3.3. Bagan alir penelitian	17
3.4. Lokasi Penelitian	17
3.5. Variabel Penelitian	17
3.6. Spesifikasi Model Penelitian	18
3.7. Metode Analisis Sample	18
3.8. Analisis Data	19
Bab 4. HASIL PENELITIAN	21
4.1. Tahap I	21
4.2. Tahap II	27
Bab 5. PEMBAHASAN	35
5.1. Tahap I	35
5.1.1. Performance penurunan zat organik	35
5.1.2. Performance pembentukan biofilm	37
5.1.3. Performance penurunan senyawa obat	40
5.2. Tahap II	41
5.2.1. Penurunan zat organik pada MBBR sistem kontinyu	41
5.2.2. Penurunan senyawa obat pada MBBR sistem	45
Bab 6. KESIMPULAN & SARAN	47
Daftar Pustaka	50
Gambar Kegiatan	53

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Karakteristik umum air limbah rumah sakit	6
Tabel 2.2. Karakteristik material sumber air limbah rumah sakit dan pengaruhnya pada pengolahan biologi	7
Tabel 2.3. Perbandingan luas permukaan spesifik media MBBR di pasaran	10
Tabel 2.4. Perbandingan kebutuhan volume tangki MBBR dan volume media	11
Tabel 3.1. Metode Analisis Sample	18
Tabel 4.1. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 20 mg/L, pada reaktor aerobik (R_1)	20
Tabel 4.2. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 100 mg/L, pada reaktor aerobik (R_1)	21
Tabel 4.3. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 100 mg/L, pada reaktor anoksik (R_2)	22
Tabel 4.4. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 100 mg/L, pada reaktor anoksik (R_2)	23
Tabel 4.5. Analisa konsentrasi obat (<i>ibuprofen</i> , <i>thrimethoprim</i>) pada reaktor aerobik (R_1)	24
Tabel 4.6. Analisa konsentrasi obat (<i>ibuprofen</i> , <i>thrimethoprim</i>) pada reaktor Anoksik (R_1)	27
Tabel 4.7. Kualitas limbah cair di bak pengumpul IPAL RSUD Sidoarjo	30
Tabel 4.8. Parameter Umum <i>prototype</i> MBBR	31
Tabel 4.9. Analisa COD dan BOD pada MBBR Pu-Foam media	32
Tabel 4.10. Analisa $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada MBBR Pu-Foam media	32
Tabel 4.11. Analisa konsentrasi <i>ibuprofen</i> dan <i>thrimethoprim</i> pada MBBR PU-foam	33
Tabel 5.3. Konstanta kinetika (k) degradasi <i>ibuprofen</i> dan <i>thrimethoprim</i>	41

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Tahapan penguraian zat organik dalam proses anaerob	8
Gambar 2.1. Jenis media MBBR	10
Gambar 2.2. Road Map Penelitian MBBR dengan PU Foam Media	11
Gambar 3.1. Rangkaian MBBR-PU <i>Foam</i> sistem <i>batch</i>	13
Gambar 3.2. Rangkaian MBBR sistem kontinyu	14
Gambar 3.3. Diagram alir penelitian	16
Gambar 4.1. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) biofilm media PU-Foam setelah 48 jam aerasi pada pembubuhan dosis obat 20 mg/L	24
Gambar 4.2. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) biofilm media PU-Foam setelah 48 jam aerasi pada pembubuhan dosis obat 100 mg/L	24
Gambar 4.3. Bak Equalisasi	25
Gambar 4.4. bak Aerasi (tampak dari luar)	25
Gambar 4.5. Bak Aerasi tampak dalam (dilengkapi lubang diffuser dan perforator)	26
Gambar 4.6. Bak pengendapan (dilengkapi <i>tube settler</i>)	26
Gambar 4.7. Rangkaian MBBR	26
Gambar 4.8 Media PU-Foam	27
Gambar 5.1. Penurunan zat organik COD kondisi aerobik dan anoksik	35
Gambar 5.2. Berat biofilm kering pada media PU- <i>foam</i> media kondisi aerobik dan anoksik	37
Gambar 5.3. Penurunan senyawa <i>ibuprofen</i> kondisi aerobik dan anoksik	40
Gambar 5.4. Penurunan senyawa <i>thrimethoprim</i> kondisi aerobik dan anoksik	40
Gambar 5.5. Box chart Penurunan zat organik COD di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	42
Gambar 5.6. Box chart Penurunan zat organik BOD di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	42
Gambar 5.7. Box chart konsentrasi senyawa $\text{NH}_4\text{-N}$ di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	43
Gambar 5.8. Box chart konsentrasi senyawa $\text{NO}_2\text{-N}$ di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	44
Gambar 5.9. Box chart konsentrasi senyawa $\text{NO}_3\text{-N}$ di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	44
Gambar 5.10. Box chart konsentrasi senyawa PO_4 di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	45
Gambar 5.11. Box chart konsentrasi senyawa <i>ibuprofen</i> dan <i>thrimethoprim</i> di bak equalisasi, aerasi dan denitrifikasi	46

RANCANG BANGUN MOVING BED BIOFILM REACTOR DENGAN POLYURETHANE FOAM MEDIA UNTUK PENGOLAHAN SENYAWA ORGANIK NONBIODEGRADABLE AIR LIMBAH RUMAH SAKIT

ABSTRAK

Air limbah rumah sakit umumnya diolah menggunakan pengolahan anaerobik-aerobik dengan lumpur aktif konvensional, yang terbukti tidak efisien untuk menurunkan kandungan senyawa obat antibiotik dan antiseptik. Aplikasi MBBR dengan media *polyurethane foam* cocok untuk pengolahan air limbah dengan *organic loading* yang tinggi (high rate). MBBR-PU Foam dapat digunakan untuk air limbah industri farmasi karena ketahanan dan kemampuannya yang tinggi untuk menguraikan bahan kimia..

Tujuan umum penelitian ini adalah membuat *prototype* MBBR-PU Foam untuk menghilangkan zat organik terutama senyawa obat (*ibuprofen* dan *trimethoprim*) yang bersifat *non biodegradable* dalam air limbah rumah sakit. Tujuan jangka panjang adalah MBBR-PU Foam dapat dipakai di setiap rumah sakit sebagai unit pengolahan yang hemat tempat, murah karena hemat listrik, mudah perawatannya, tidak menimbulkan bau, tidak ada *sludge*, dan sangat efisien dalam menurunkan limbah organik yang bersifat non biodegradable.

Penelitian ini merupakan penelitian *true experiment*, yang dilakukan dalam 2 (dua) tahap yaitu *batch* di dalam laboratorium dan sistem kontinu (*prototype*) di lapangan. Air limbah yang digunakan dalam sistem *batch* adalah air limbah *artificial*, sedangkan air limbah untuk sistem kontinu adalah air limbah asli rumah sakit. *Prototype* MBBR yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan sistem MBBR yang terdiri dari rangkaian 4 *stage reactors*, yang diharapkan dapat memberikan informasi secara jelas tentang kinetika *removal* zat organik terutama senyawa obat, termasuk proses nitrifikasi dan denitrifikasi air limbah rumah sakit.

Hasil penelitian tahap I (*batch system*) menunjukkan bahwa pada kondisi aerobik MBBR dengan media PU-Foam telah secara signifikan menurunkan kandungan zat organik dan senyawa obat. Pada HRT 4 jam penurunan zat organik diatas 67%, sedangkan penurunan senyawa obat *ibuprofen* sebesar 97,5% dan *thrimethoprim* sebesar 31%. Pada kondisi anaerobik, pada HRT 4 jam penurunan zat organik diatas 47%, sedangkan penurunan senyawa obat *ibuprofen* sebesar 97,5% dan *thrimethoprim* sebesar 26 %. Pada sistem kontinu, MBBR-PU-Foam media mampu menurunkan zat organik *non biodegradable* sebesar 60,5 – 77%, menurunkan senyawa *ibuprofen* sebesar 91% dan *thrimethoprim* sebesar 57%.

Keyword : MBBR, air limbah, rumah sakit, *polyurethane foam*

APPLICATION OF MOVING BED BIOFILM REACTOR WITH POLYURETHANE FOAM MEDIA FOR PROCESSING OF NONBIODEGRADABLE ORGANIC COMPOUNDS OF HOSPITAL WASTE

ABSTRACT

Hospital wastewater generally treated using anaerobic-aerobic treatment with conventional activated sludge, which has proven inefficient to reduce the content of antibiotic and antiseptic drug compounds. MBBR application with polyurethane foam media is suitable for treating wastewater with high organic loading (high rate). MBBR-PU Foam can be used for pharmaceutical industry wastewater due to its high durability and ability to decompose chemicals.

The general objective of this research is to make a prototype MBBR-PU Foam to eliminate organic substances, especially medicinal compounds (ibuprofen and trimethoprim) which are non biodegradable in hospital wastewater. The long-term goal is that the MBBR-PU Foam can be used in every hospital as a place-saving treatment unit, inexpensive because it saves electricity, is easy to maintain, does not cause odor, has no sludge, and is very efficient in reducing organic waste that is non-biodegradable.

This research is a true experiment research, which was conducted in 2 (two) stages, namely batch in the laboratory and continuous system (prototype) in the field. The wastewater used in the batch system is artificial wastewater, while the wastewater for the continuous system is the original hospital wastewater. The MBBR prototype that will be used in this study is an MBBR system consisting of a series of 4 stage reactors, which are expected to provide clear information about the kinetics of removal of organic substances, especially medicinal compounds, including the process of nitrification and denitrification of hospital wastewater.

The results of the phase I (batch system) showed that the aerobic condition of MBBR with PU-Foam media has significantly reduced the content of organic substances and drug compounds. In HRT 4 hours the decrease in organic substances was above 67%, while the decrease in ibuprofen was 97.5% and thrimethropime by 31%. In anaerobic conditions, the HRT 4 hours decreased organic matter above 47%, while the decline in ibuprofen drug compounds was 97.5% and thrimethropime was 26%. In continuous systems, MBBR-PU-Foam media can reduce non-biodegradable organic substances by 60.5 - 77%, reduce ibuprofen compounds by 91% and thrimethoprim by 57%.

Keyword: MBBR, waste water, hospital, polyurethane foam

BAB 1: PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan adalah institusi yang bersifat sosial ekonomis mempunyai fungsi dan tugas untuk memberikan pelayanan kepada masyarakat. Kegiatan pada rumah sakit selain memberi manfaat bagi masyarakat, juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran akibat pembuangan limbahnya. Air limbah yang dikeluarkan merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial karena mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, senyawa kimia lain yang berbahaya serta mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan.

Potensi dampak negatif air limbah rumah sakit terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat sangat besar, sehingga di dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 1204/Menkes/SK/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, diatur bahwa setiap fasilitas pelayanan kesehatan diwajibkan memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sedangkan baku mutu air limbah mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit.

Air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari seluruh hasil proses kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah domestik cair (kamar mandi, dapur, laundry), limbah cair klinis (air bekas cucian luka, cucian darah), air limbah laboratorium. Air limbah rumah sakit yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, sedangkan untuk air limbah rumah sakit yang berasal dari laboratorium biasanya mengandung senyawa toksik. Unit lain di Rumah Sakit yang mengeluarkan air limbah dengan zat organik tinggi dan toksik adalah *Central Sterile Supply Departement* (CSSD). CSSD adalah instalasi yang melayani sterilisasi, dan mendesinfeksi semua peralatan yang digunakan dalam tindakan medis di rumah sakit, sehingga memakai bahan-bahan kimia yang *non biodegradable*.

Air limbah rumah sakit umumnya diolah menggunakan pengolahan anaerobik-aerobik dengan lumpur aktif konvensional, yang terbukti tidak efisien untuk menurunkan kandungan senyawa obat antibiotik dan antiseptik (Joss *et al.*, 2005, 2006; Santos *et al.*, 2009; Verlicchi *et al.*, 2010). Sehingga pada beberapa negara telah melengkapi pengolahan air limbahnya dengan MBR (Membran Bioreactor) (Brepols *et al.*, 2008; Abegglen *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2010), dan beberapa teknologi lanjut (*post-treatment*) seperti penggunaan adsorber karbon aktif, fotolisis ultraviolet, AOP (*advanced oxidation process*), osmosis atau nanofiltrasi, untuk menghilangkan senyawa obat dalam air limbah (Falås *et al.*, 2013). Alternatif lain adalah

menggunakan bioreaktor terfluidisasi fungi/jamur yang cukup efektif untuk menghilangkan obat-obatan dalam air limbah rumah sakit (Cruz-Morató *et al.*, 2014), dan memiliki efisiensi yang lebih baik daripada sistem pengolahan anaerobik – aerobik lumpur aktif konvensional. Sistem biofilm seperti MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactors*) juga mulai banyak dipakai untuk menghilangkan senyawa obat-obatan secara langsung di air limbah rumah sakit.

Efisiensi MBBR bergantung pada biofilm yang tertanam pada media yang direndam dan dicampur dalam reaktor. MBBR telah diakui sebagai reaktor kompak dan kuat untuk mengolah air limbah, terutama air limbah dengan proses nitrifikasi yang besar (Rusten, Kolkinn and Odegaard, 1997; Casas *et al.*, 2015; Tang *et al.*, 2017; Ooi *et al.*, 2018). Teknologi MBBR juga terbukti dapat menurunkan polutan mikro dalam air limbah (Karaolia *et al.*, 2017; Stylianou *et al.*, 2018), seperti ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Falås *et al.*, (2012), MBBR lebih efektif menghilangkan senyawa obat yang bersifat asam pada limbah cair industri farmasi dibandingkan proses pengolahan menggunakan lumpur aktif. Penelitian Falås *et al.*, (2013) dan Escolà Casas *et al.*, (2015) juga menunjukkan bahwa biofilm dalam proses *hybrid biofilm-activated sludge* dapat menghilangkan lebih banyak senyawa *diclofenac* dan *trimethoprim* daripada proses lumpur aktif. MBBR memiliki efisiensi removal cukup baik dalam mengolah air cucian media X-ray, dan temukan bahwa senyawa organik yang sifatnya *recalcitrant* (sangat sulit terurai) dapat terdegradasi dengan menggunakan MBBR (Casas *et al.*, 2015; Abtahi *et al.*, 2018; El-taliawy, Casas and Bester, 2018; Liu, Wang and Pang, 2018)

Polyurethane Foam media (PU-Foam), adalah media/ rumah tumbuhnya mikroorganisme yang dipakai dalam pengolahan air limbah menggunakan MBBR. PU-Foam memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dibanding dengan media MBBR yang umum dipakai sekarang seperti bioball, kaldness, kaldess, dan biochip. PU-foam khusus dipakai dalam aplikasi MBBR untuk menurunkan air limbah industri dengan *organic loading* yang tinggi (high rate), karena luas permukaannya yang besar (sekitar 15.000 – 20.000 m²/m³ limbah cair) atau lebih luas 100 x dibanding bioball, 40 x dibanding kaldness/kaldess, dan 10x dibanding biochip (Jain and Pradeep, 2005).

MBBR-PU *Foam* dapat digunakan untuk air limbah dari industri farmasi karena ketahanan dan kemampuannya yang tinggi untuk menguraikan bahan kimia (Moe, W.M. and Irvine, 2000). Karena ketangguhan dan efisiensi dalam menghilangkan senyawa kimia, MBBR-PU *Foam* dianggap sebagai pilihan yang baik untuk mengolah air limbah rumah sakit. Penelitian ini ingin membuat *prototype* MBBR-PU *Foam* untuk menghilangkan zat organik terutama senyawa obat (*ibuprofen* dan *trimethoprim*) yang bersifat *non biodegradable* dalam

air limbah rumah sakit, sehingga efisiensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sudah ada dapat meningkat.

1.2. Tujuan

Tujuan umum penelitian ini adalah rancang bangun *prototype* MBBR-PU Foam untuk menghilangkan zat organik terutama senyawa obat (*ibuprofen* dan *trimethoprim*) yang bersifat *non biodegradable* dalam air limbah rumah sakit.

Tujuan Khusus:

- 1). Identifikasi karakteristik umum limbah cair rumah sakit meliputi pH, suhu, BOD, COD, amonium nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$), total padatan tersuspensi (TSS)
- 2). Evaluasi kemampuan *high rate* - MBBR dengan media PU-Foam dalam menurunkan BOD, COD, ammonium nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$), dan senyawa *ibuprofen* dan *trimethoprim* dalam air limbah rumah sakit secara batch.
- 3). Mencari model kinetika kecepatan reaksi biodegradasi dari senyawa organik, *ibuprofen* dan *trimethoprim*.
- 4). Evaluasi kemampuan *prototype high rate* - MBBR dengan media PU-Foam dalam menurunkan senyawa organik, senyawa N, dan senyawa *ibuprofen* dan *trimethoprim* dalam air limbah rumah sakit secara kontinyu.

1.3. Manfaat Penelitian

- 1). Sebagai masukan bagi rumah sakit untuk menggunakan MBBR dengan media *polyurethane foam* sebagai pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) air limbah yang mengandung senyawa obat sebelum masuk ke IPAL, agar efisiensi proses pengolahan IPAL meningkat.
- 2). Sebagai masukan bagi peneliti lain, tentang *polyurethane foam* sebagai media pada reaktor anaerobik – aerobik, terutama untuk mengolah air limbah dengan kandungan zat organik yang tinggi.

1.4. Definisi, dan ruang lingkup

1.4.1. Definisi:

- 1). *MBBR* adalah suatu sistem pengolahan air limbah yang terdiri dari tangki aerasi, dimana didalamnya terdapat media plastik khusus sebagai tempat tumbuh atau menempelnya mikroorganisme, yang akan membentuk biofilm. Media akan dicampur ke dalam sistem tangki aerasi tersebut, sehingga memiliki kontak yang cukup baik antara substrat dalam air limbah dan biofilm mikroorganisme.
- 2). Media adalah tempat tumbuh atau melekatnya mikroorganisme, yang terbuat dari bahan khusus dengan kerapatan hampir sama dengan kerapatan air (1 g/cm^3).
- 3). *Polyurethane foam* media adalah tempat tumbuh atau melekatnya mikroorganisme yang terbuat dari bahan busa *polyurethane* yang permukaannya telah dilapisi dengan material karbon aktif. PU-foam berbentuk bujur sangkar kecil dengan dimensi $20 \times 20 \times 7 \text{ mm}$.

1.4.2. Ruang Lingkup

- 1) Air limbah Rumah Sakit yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah diambil dalam bak pengumpul IPAL RSUD Sidoarjo, dimana didalamnya terdapat limbah cair dari unit *Central Sterile Supply Departement* (CSSD) dan laboratorium.

1.5. Kebaruan dan Terobosan

Air limbah rumah sakit umumnya diolah menggunakan pengolahan anaerobik-aerobik dengan lumpur aktif konvensional, yang terbukti tidak efisien untuk menurunkan kandungan senyawa obat antibiotik dan antiseptik (Joss *et al.*, 2005, 2006; Santos *et al.*, 2009; Verlicchi *et al.*, 2010). Sehingga pada beberapa negara telah melengkapi pengolahan air limbahnya dengan MBR (Membran Bioreactor), terutama untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa obat. Sistem biofilm seperti MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactors*) juga mulai banyak dipakai untuk menghilangkan senyawa obat-obatan secara langsung di air limbah rumah sakit.

Umumnya rumah sakit di Indonesia yang telah menggunakan MBBR masih menggunakan *bioball* sebagai media pertumbuhan biofilm. Luas permukaan spesifik *bioball* hanya $200\text{--}240 \text{ m}^2/\text{M}^3$ sehingga efisiensi pengolahan biologinya rendah, membutuhkan lahan yang luas dan energi listrik yang besar.

Polyurethane Foam media (PU-Foam), adalah media yang memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan media MBBR yang umum dipakai sekarang yaitu sekitar $15.000\text{--}20.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$, sehingga aplikasi MBBR-PU Foam cocok untuk pengolahan air limbah

dengan *organic loading* yang tinggi (high rate). MBBR-PU *Foam* dapat digunakan untuk air limbah industri farmasi karena ketahanan dan kemampuannya yang tinggi untuk menguraikan bahan kimia.

Beberapa paten tentang aplikasi *Moving bed biofilm reactor* (MBBR) adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Paten tentang aplikasi *Moving bed biofilm reactor* (MBBR)

Nomer Paten dan Nama Inventor	Judul Invensi
Paten Eropa nomor EP 0772571 B1 tanggal 26 September 2001 oleh inventor <i>Knud Peter Brockdorff</i>	invensi <i>A Reactor for Use in Water Treatment With Micro Film Carrier As Well As A Method for Operating The Reactor</i>
Paten Indonesia nomor permohonan P00201507197 tanggal pengumuman paten 14 Oktober 2016 oleh inventor Takeo Akutsu	invensi Metode Pengolahan Air Limbah dan Sistem Pengolahan Air Limbah
Paten Indonesia nomor permohonan P00201200022 tanggal pengumuman paten 26 Juli 2012 oleh inventor Takumi Obara dan kawan-kawan	invensi Metode Pengolahan Limbah Cair Biologis dan Sistem Pengolahan Limbah Cair.
Paten Indonesia nomor permohonan P00201702967 tanggal pengumuman paten 29 Desember 2017 oleh inventor Masaki Miyake	invensi Metode Pengolahan Air Limbah dan Alat Pengolahan Air Limbah
Paten Amerika Serikat nomor US 7,189,323 B2 tanggal 13 Maret 2007 oleh inventor <i>Anders Lofqvist</i> dan <i>Thomas Welander</i>	invensi <i>Method for Biological Purification of Water Using A Carrier Material</i>
Paten Amerika Serikat nomor US 8,241,717 B1 tanggal 14 Agustus 2012 oleh inventor <i>Steven M. Anderson</i>	invensi <i>Carbon-Based Biofilm Carrier</i>
Paten Amerika Serikat nomor 4,660,399 tanggal 28 April 1987 oleh inventor <i>Frank L. Suter</i> dan <i>Donald. R. Showalter</i>	invensi <i>Mobile Roll-Forming Machine.</i>
Paten Amerika Serikat nomor US 9,758,402 B2 tanggal 12 September 2017 inventor <i>Thorbjorn Westrum</i> dan kawan-kawan	<i>Method and Reactor for Biological Purification of Waste Water.</i>
Paten Amerika Serikat nomor US 2015/0144554 A1 tanggal 28 Mei 2015 oleh inventor <i>Juan Carlos Jose</i> dan kawan-kawan	invensi <i>Waste Water Treatment Process with Moving Bed Bioreactor (MBBR</i>
Paten Indonesia nomor permohonan WO00201303686 tanggal pengumuman paten 7 Agustus 2014 oleh inventor Yuki Kawabuko dan kawan-kawan	invensi Peranti Pengolahan Limbah Cair dan Metode Pengolahan Limbah Cair.
Paten Internasional (WIPO) nomor pengumuman WO 2016/164314 A1 tanggal 13 Oktober 2016 oleh inventor <i>Gerald Sedel</i> dan kawan-kawan	invensi <i>Moving Bed Biofilmreactor for Waste Water Treatment System</i>
Paten Internasional (WIPO) nomor pengumuman WO 2017/153361 A1 tanggal	invensi <i>Biological Removal for Micropollutants From Waste Water</i>

Nomer Paten dan Nama Inventor	Judul Invensi
14 September 2017 oleh inventor <i>Magnus Christensson</i> dan <i>Thomas Welanders</i>	

Berdasarkan Tabel 1.1. terlihat bahwa penelitian tentang aplikasi *moving bed biofilm reactor* dengan media *polyurethane foam* untuk mengolah limbah non biodegradable rumah sakit belum pernah dilakukan. Hingga saat ini belum ada informasi aplikasi MBBR-PU *foam* dalam pengolahan air limbah rumah sakit. Penelitian ini dilakukan untuk membuat *prototype* MBBR-PU *Foam* yang dapat menghilangkan zat organik terutama senyawa obat di air limbah rumah sakit, dengan terlebih dahulu mencari model kinetika kecepatan reaksi peruraian senyawa obat tersebut. Informasi model kinetika kecepatan reaksi sangat penting dalam proses peruraian senyawa kimia karena berhubungan dengan besarnya volume reaktor dan volume efektif media PU *Foam* yang akan digunakan. Harapan dari peneliti adalah dapat membuat *prototype* MBBR-PU *Foam* yang kompak, hemat tempat dan hemat biaya. Hal tersebut yang menjadi kebaruan (*novelty*) penelitian ini, serta memposisikan penelitian ini sebagai pengembangan dan jembatan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari kegiatan rumah sakit, meliputi air limbah domestik atau non klinis (yang berasal dari kamar mandi, dapur, dan laundry), dan air limbah medis/ klinis (misalnya air limbah laboratorium, air bekas cucian luka, cucian darah dll). Persentase terbesar dari air limbah rumah sakit adalah air limbah domestik ($\pm 90\%$), sedangkan air limbah medis sebesar $\pm 10\%$.

Air limbah rumah sakit yang berasal dari buangan domestik dan klinis mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, sehingga dapat diolah menggunakan pengolahan biologi. Air limbah rumah sakit yang berasal dari kegiatan laboratorium mengandung logam berat, sehingga tidak dapat langsung dibuang bersama-sama dengan buangan domestik dan klinis. Air limbah kegiatan laboratorium perlu ditampung terlebih dahulu dan diolah secara kimia-fisika, sebelum dialirkan ke pengolahan biologi.

2.2. Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah rumah sakit merupakan campuran dari berbagai macam material organik, sehingga memiliki karakteristik umum sebagai berikut:

Tabel 2.1. Karakteristik umum air limbah rumah sakit

Parameter	Konsentrasi
BOD, mg/L	30 - 700
COD, mg/L	45 - 1200
Permanganat value (KMnO ₄), mg/L	67 - 750
NH ₃ , mg/L	10 - 160
NO ₂ -N , mg/L	0,013 - 0,275
NO ₃ -N, mg/L	2,2 - 9
Suspended Solid, mg/L	27 - 230
Minyak/lemak, mg/L	1 - 125
Cadmium, mg/L	NA - 0,016
Timbal, mg/L	0,002 - 0,04
Tembaga, mg/L	NA - 0,49
Besi, mg/L	0,1 - 70
Phenol, mg/L	0,04 - 0,7
Warna, Pt.Co	30 - 150
pH	4 - 9

Sumber : Hari and Hartaja, (2017)

Tabel 2.1. menunjukkan bahwa rasio BOD/COD air limbah rumah sakit sekitar 0,4-0,7 sehingga dapat diolah menggunakan pengolahan biologi. Selain senyawa kimia seperti disajikan pada Tabel 2.1, air limbah rumah sakit juga mengandung bakteri patogen, yang sangat mencemari dan berbahaya bagi lingkungan. Pengaruh masing-masing karakteristik *main*

material setiap sumber air limbah rumah sakit terhadap pengolahan biologi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik material sumber air limbah rumah sakit dan pengaruhnya pada pengolahan biologi

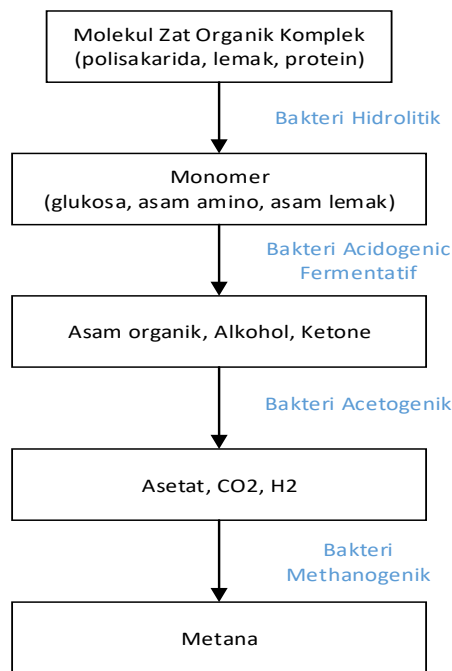
Sumber	Main Material	Pengaruh pada pengolahan biologi
Laboratorium klinik dan kimia	- Organic solvent - Logam berat - pH asam/basa - Fosfor	- Organic solvent beracun untuk mikroorganisme - Logam berat beracun untuk mikroorganisme
Ruang Dapur	- Minyak/lemak - Sabun/detergen - Material organik	- Minyak / lemak mengganggu difusi oksigen ke dalam air - Detergen menimbulkan busa yang mengganggu difusi oksigen ke dalam air
Rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, rawat intensif, haemodialisa, bedah sentral, dan ruang isolasi	- Bakteri patogen - Antiseptik - Antibiotik - Ammonia - Material organik	- Antiseptik beracun untuk mikroorganisme - Antibiotik beracun untuk mikroorganisme
Laundry	- Sabun/detergen - pH 8-10	- Detergen menimbulkan busa yang mengganggu difusi oksigen ke dalam air
Ruang Rontgen	- Logam berat	- Beracun untuk mikroorganisme

Sumber : Hari and Hartaja, (2017)

Pada Tabel 2.2. terlihat bahwa *main material* dalam air buangan berpotensi mengganggu kehidupan mikroorganisme dalam yang ada dalam IPAL. Terutama keberadaan senyawa obat antiseptik dan antibiotik.

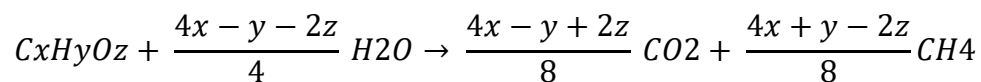
2.3. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Sistem pengolahan biologi yang banyak dijumpai di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit adalah pengolahan biologi menggunakan sistem Biofilter Anaerob – Aerob. Pada proses anaerob, zat organik kompleks seperti lemak, protein dan karbohidrat akan terurai menjadi gas CO₂ dan CH₄ tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi masih tersisa kandungan NH₃ dan H₂S. Tahapan penguraian zat organik dalam proses anaerob digambarkan seperti pada Gambar 2.1.

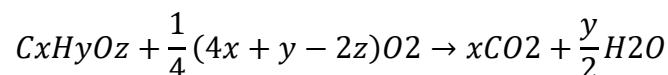


Gambar 2.1. Tahapan penguraian zat organik dalam proses anaerob

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap penguraian secara anaerobik antara lain adalah suhu, lama waktu kontak, pH, komposisi kimia air limbah, kompetisi antara bakteri *metabolit anaerobic* dengan bakteri patogen, serta keberadaan zat beracun (terutama senyawa siklik aromatik). Secara stoikiometri reaksi penguraian secara anaerob (von Sperling, 2007) adalah:

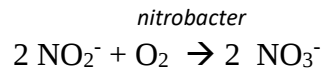
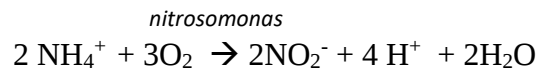


Proses anaerob dapat menurunkan maksimal 60% zat organik dalam air limbah, sehingga masih diperlukan pengolahan lanjutan agar air olahan dapat memenuhi baku mutu, yaitu dengan proses aerob. Pada proses aerob, zat organik yang masih tersisa akan diurai kembali menjadi gas CO_2 , sedangkan NH_3 akan teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat, gas H_2S akan diubah menjadi senyawa sulfat. Proses aerobik dapat menurunkan 80-95% zat organik. Secara sederhana reaksi penguraian senyawa organik secara aerob dapat digambarkan sebagai berikut (von Sperling, 2007):



Selain senyawa organik karbon, dalam air limbah juga terdapat senyawa organik nitrogen. Senyawa organik nitrogen seiring waktu akan berubah menjadi amonia melalui proses *ammonification*. Proses perubahan tersebut tidak mengubah jumlah nitrogen dalam air limbah, dan tidak memerlukan oksigen. Proses oksidasi yang penting untuk menurunkan kandungan NH_3 dalam air limbah adalah proses nitrifikasi. Terdapat 2 (dua) bakteri penting

yang berperan dalam proses nitrifikasi yaitu bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Reaksi nitrifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Total reaksi nitrifikasi adalah:



Reaksi nitrifikasi diatas menunjukkan bahwa transformasi senyawa nitrogen membutuhkan oksigen bebas (*nitrogenous demand*), dan alkalinitas sehingga air limbah akan menjadi lebih asam. Jumlah total nitrogen dalam air limbah adalah tetap, yang berubah hanyalah bentuk senyawanya saja (dari bentuk NH_3 menjadi bentuk NO_x).

Pada kondisi anoksik (rendah oksigen), keberadaan senyawa nitrat akan digunakan oleh organisme heterotropik sebagai elektron akseptor, sehingga nitrat akan berubah menjadi gas nitrogen. Proses ini dikenal sebagai proses denitrifikasi, dengan reaksi sebagai berikut:



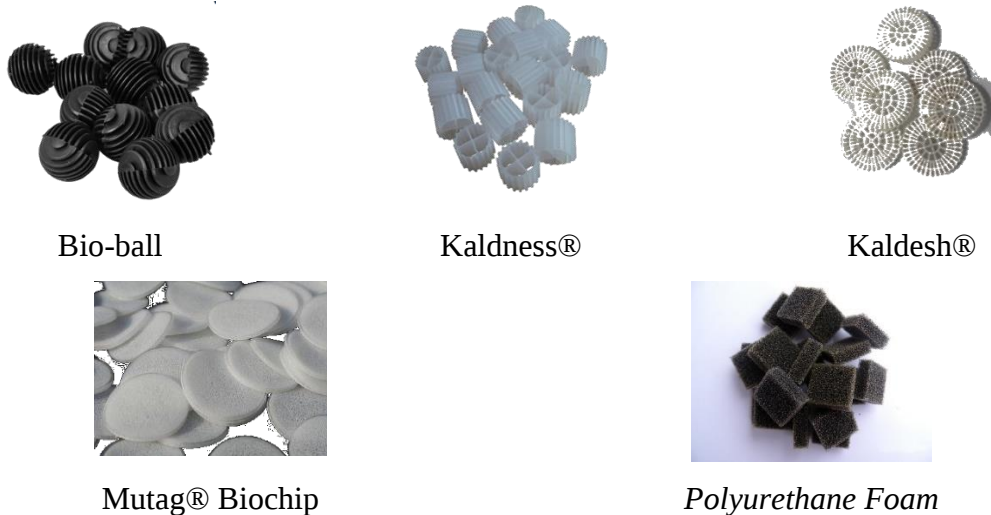
Dari reaksi diatas menunjukkan bahwa proses denitrifikasi dapat menurunkan nitrogen, sehingga jumlah total nitrogen dalam air limbah akan berkurang, karena gas nitrogen yang dihasilkan akan dilepas ke atmosfer.

2.4. Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

Sistem MBBR adalah sebuah sistem pengolahan air limbah menggunakan proses aerob dan menggunakan media pembawa khusus sebagai tempat pertumbuhan biofilm. Media pembawa terbuat dari bahan dengan kerapatan mendekati kerapatan air (1 g/cm^3). Contohnya adalah *high density polyethylene* (HDPE) dengan densitas mendekati $0,95 \text{ g/cm}^3$. Media pembawa akan bergerak melayang-layang karena proses fluidisasi oleh udara, sehingga memiliki kontak yang cukup antara substrat dalam air limbah dan biomassa. Untuk mencegah media tersebut *run off* keluar sistem, biasanya *outlet* tangki MBBR dilengkapi saringan.

MBBR sangat efektif untuk menurunkan BOD, amonia, nitrogen dan *micro-pollutant* yang tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan dengan lumpur aktif (Casas, *et al.*, 2015; Escolà Casas, *et al.*, 2015). Pertumbuhan *attached* biofilm dalam MBBR lebih lambat dibandingkan pembentukan flok dalam pengolahan lumpur aktif, sehingga MBBR membutuhkan *space* yang lebih kecil dibandingkan proses lumpur aktif (Veolia, 2013; Abtahi *et al.*, 2018).

Media yang dapat dipakai dalam MBBR harus memiliki beberapa sifat penting yaitu luas permukaan spesifik yang cukup besar, terbuat dari bahan yang bersifat inert sehingga tidak mudah korosif dan tahan terhadap proses pembusukan dan kerusakan secara kimiawi, fraksi volume rongga yang tinggi, fleksibel, ringan, mudah basah, dan dapat mereduksi cahaya karena bakteri nitrifikasi sangat sensitif terhadap cahaya. Bentuk beberapa jenis media MBBR disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Jenis media MBBR (Jess Krarup, Jakob Søholm, Ole Grønborg, 2015)

Perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai jenis media MBBR dapat dilihat pada Tabel 2.3. Perbandingan kebutuhan volume tangki dan volume media MBBR dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Perbandingan luas permukaan spesifik media MBBR di pasaran

No	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik m^2/M^3
1.	<i>Honeycombs modul</i>	150 - 240
2.	Bio-ball	200 – 240
3.	Kaldness®	500
4.	Kaldesh®	1.100
5.	Mutag® biochips	4.000
6.	<i>Polyurethane foam</i>	20.000

Sumber: (Jain and Pradeep, 2005)

Tabel 2.4. Perbandingan kebutuhan volume tangki MBBR dan volume media (pada air limbah dengan COD 2500 mg/L, BOD 1500 mg/L, dan debit 3000 M^3 /hari)

No	Tipe Media MBBR	Volume Tangki (M^3)	Volume Media (M^3)	<i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT), (jam)	Lama Aerasi, (jam)	% Volume
1.	Bio-ball	5.000	3.000	40	40	80
2.	Kaldness®	4.000	1.200	32	32	64
3.	Kaldesh®	2.182	545	17,45	17,45	35
4.	Mutag® Biochip	1.200	120	9,6	9,6	19
5.	<i>Polyurethane Foam</i>	600	30	4,8	4,8	10

Sumber: (Rusten, Kolkinn and Odegaard, 1997)

Pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4, menunjukkan bahwa *Polyurethane foam* memiliki luas permukaan spesifik yang paling besar dibanding media MBBR yang lain, sehingga membutuhkan volume tangki dan media yang paling kecil, serta HRT dan lama aerasi yang singkat. *Polyurethane foam* terbukti efisien untuk mengolah air limbah, bahkan air limbah dengan kandungan zat organik yang sangat tinggi (*high rate*).

2.3. Biofilm

Biofilm didefinisikan sebagai material organik terdiri dari mikroorganisme terlekat pada matriks polimer (materi polimer ekstraseluler) yang dibuat oleh mikroorganisme itu sendiri, dengan ketebalan lapisan biofilm berkisar antara 100 µm-10 mm yang secara fisik dan mikrobiologis sangat kompleks (Grady & Lim, 1999). Terbentuknya biofilm adalah karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro. Komposisi biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme, produk ekstraseluler, detritus, polisakarida, dan air dengan kandungan sampai 97%. Adapun bahan-bahan pembentuk lapisan biofilm yang lain adalah protein, lipid, dan lektin, dan struktur dari suatu biofilm bentuknya tergantung dari lingkungan. . Lapisan biofilm yang sudah matang atau terbentuk sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok bakteri : lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae, dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan algae

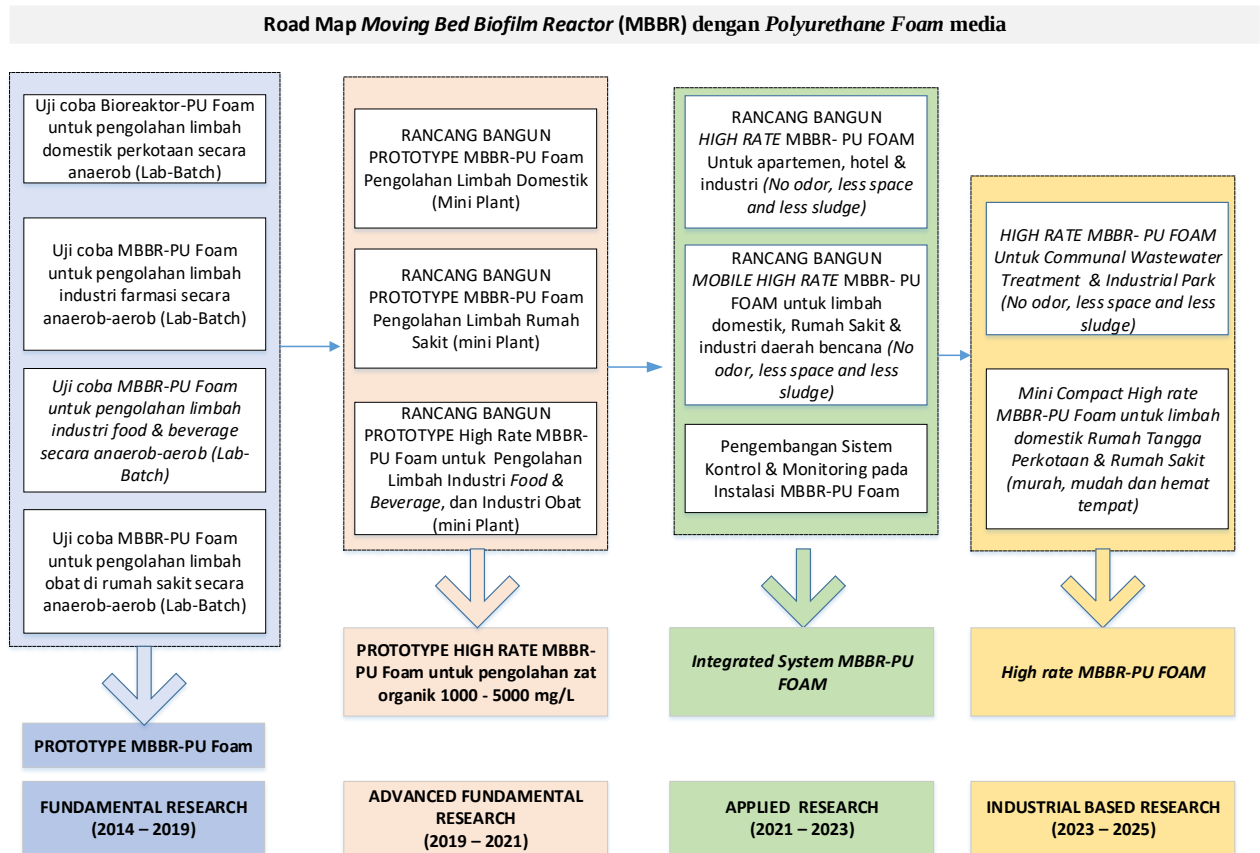
Proses degradasi bahan organik secara aerobik pada biofilm tidak jauh berbeda dengan mikroorganisme tersuspensi. Degradasi substrat terjadi akibat konsumsi substrat dan nutrisi oleh mikroorganisme pada biofilm, dengan menggunakan oksigen sebagai elektron akseptor apabila proses berjalan secara aerobik. Oleh karena melalui lapisan biofilm, maka konsentrasi substrat terbesar berada pada permukaan biofilm.

Pertumbuhan biofilm sangat tergantung pada jenis mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media, dan jenis media yang digunakan. Dan secara umum ada 3 fase di dalam daur hidup biofilm (Gambar 2.1.). Fase tersebut adalah pelekatan biofilm pada media, fase pertumbuhan dan fase pelepasan *detachment*.



Gambar.1 Pertumbuhan Mikroorganisme

2.6. Road Map Penelitian



Gambar 2.2. Road Map Penelitian MBBR dengan PU Foam Media

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa penelitian yang diajukan ini merupakan bagian dari Peta Penelitian *High Rate MBBR* dengan media *polyurethane foam*. Tujuan akhir dari peta penelitian adalah produk *High Rate MBBR* yang murah, mudah perawatan, hemat tempat, dan mampu mengolah air limbah dengan kandungan zat organik tinggi (>5000 mg/L).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Disain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *true experiment*, yang bertujuan untuk membuat *prototype* MBBR dengan media *Polyurethane foam* (MBBR-PU Foam), yang dapat menghilangkan zat organik terutama senyawa obat (*ibuprofen* dan *trimethoprim*) dalam air limbah rumah sakit. Penelitian ini dilakukan dengan sistem *batch* di dalam laboratorium dan sistem kontinyu (*prototype*) di lapangan. Air limbah yang digunakan dalam sistem *batch* adalah air limbah *artificial*, sedangkan air limbah untuk sistem kontinyu adalah air limbah asli dari unit *Central Sterile Supply Departement* CSSD dan laboratorium RSUD Sidoarjo. Hasil penelitian dari Tahap II akan dibandingkan dengan Tahap I, sehingga diperoleh potensi sistem MBBR dengan media PU-foam dalam menurunkan kandungan zat organik terutama senyawa obat air limbah rumah sakit.

Prototype MBBR yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan sistem MBBR yang terdiri dari rangkaian 4 *stage reactors*, yang diharapkan dapat memberikan informasi secara jelas tentang kinetika *removal* zat organik terutama senyawa obat, termasuk proses nitrifikasi dan denitrifikasi air limbah rumah sakit.

3.2. Tahapan Penelitian

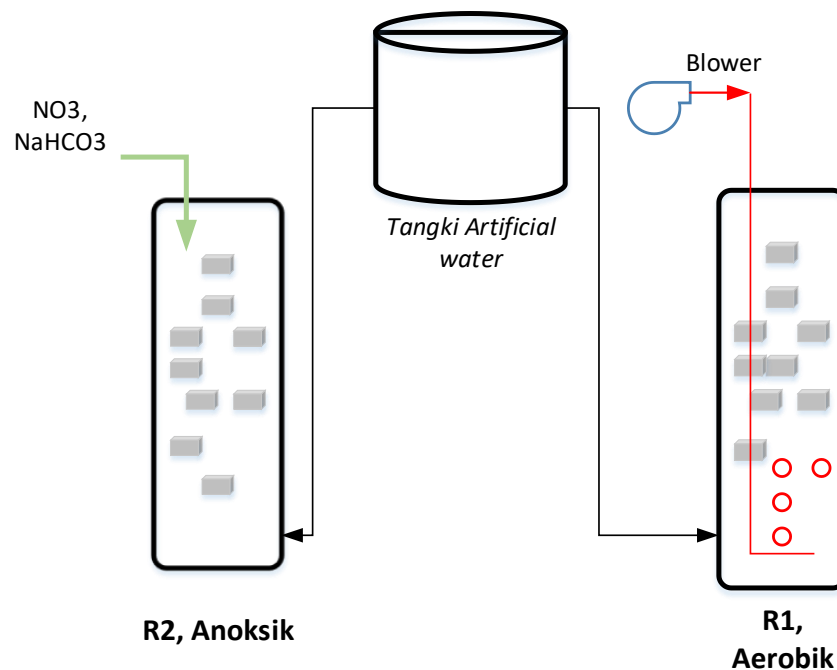
3.2.1. Tahap I

Tahap I dilakukan secara *batch* dalam laboratorium, dengan menggunakan rangkaian MBBR- PU foam skala kecil. Rangkaian MBBR-PU foam terdiri dari 2 reaktor yaitu R1 dan R2, dilakukan untuk mengevaluasi *performance removal* zat organik dan proses nitrifikasi (R2) serta proses denitrifikasi (R1). Volume masing-masing reaktor adalah 10 L. Volume media PU-foam untuk masing-masing reaktor tetap 5%. Air limbah rumah sakit yang dipakai merupakan *artificial water* yang telah dibubuhi oleh senyawa obat tertentu dengan dosis tertentu pula.. Pengujian dilakukan secara berkala sesuai waktu yang telah ditentukan, sehingga diperoleh kinetika reaksi biodegradasi pada setiap reaktor.

Bahan kimia yang dibutuhkan untuk *artificial water* sesuai dengan OECD *Guideline for Testing of Chemicals, Part 303B- Biofilm* (Polesel et al., 2017) adalah: $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaCl, K_2HPO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaHCO_3 , KMnO_4 , NaOAc, *peptone*, *meat extract*, dan *sucrose*. Semua bahan kimia ini merupakan *analytical grade*.

Pada Tahap I ini, kondisi proses nitrifikasi pada R₂ dijaga dengan dan menambahkan nitrat (NO_3) dan NaHCO_3 untuk menjaga pH sekitar 7-8. Jumlah total N dijaga sekitar 20 mg N/L. Konsentrasi senyawa obat (*ibuprofen* dan *trimethoprim*) yang dibubuhkan ke dalam

artificial water masing-masing sebesar 20 dan 100 mg/L, dan diperlukan proses pengadukan agar homogen. Setelah pembubuhan, *artificial water* dialirkan ke masing-masing reaktor hingga volume 10 L, setelah itu kran outlet tangki *artificial water* ditutup. Perlakuan pada setiap reaktor berlangsung selama 48 jam. Pengambilan sample pada titik sample yang telah ditentukan menggunakan pipet kaca sebanyak 10 ml, pada 1 menit, 20 menit, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 8 jam, 10 jam, 12 jam, 24 jam, dan 48 jam. Setiap penggantian pembubuhan senyawa obat, dilakukan juga penggantian media PU-foam. Konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* (mg/L) dalam sample dianalisa menggunakan HPLC-MS/MS.



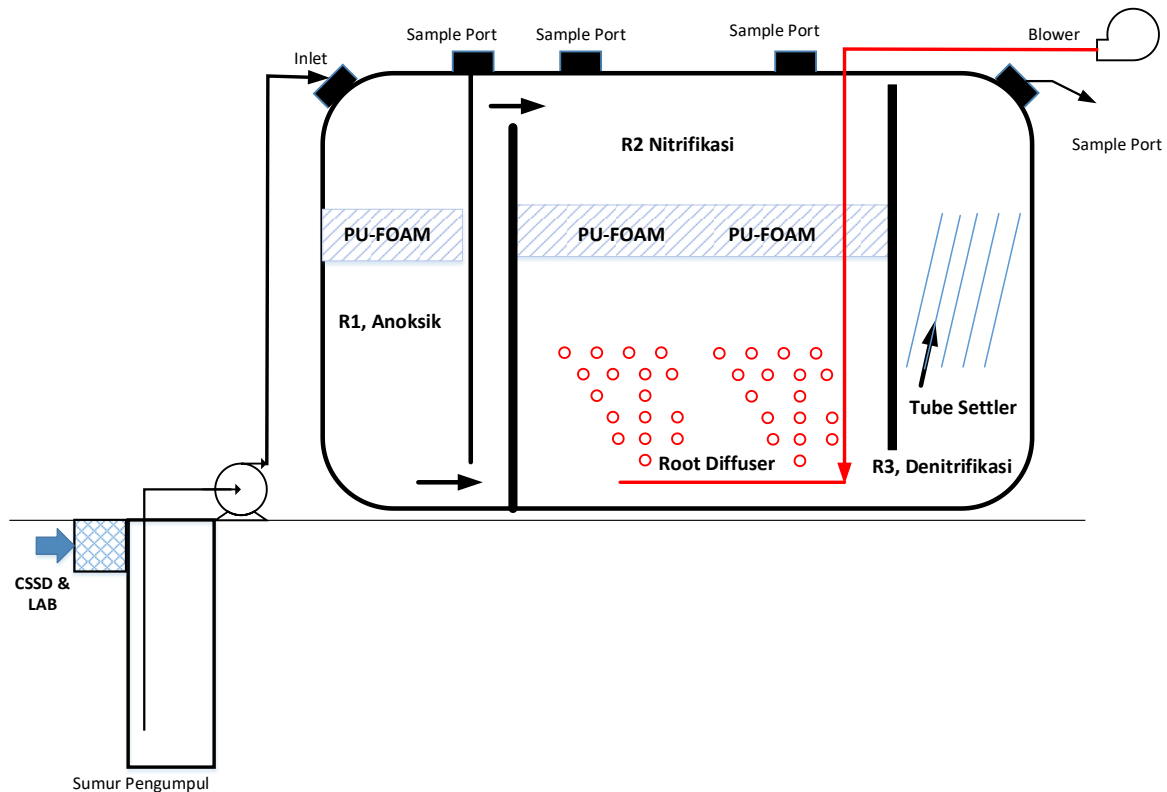
Gambar 3.1. Rangkaian MBBR-PU *Foam* sistem batch

3.2.2. Tahap II, *Continuous System*

Tahap II dilakukan secara kontinyu dan mengikuti kondisi *real* air limbah rumah sakit dari unit CSSD dan laboratorium. Pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi *prototype* MBBR-PU *Foam* pada kondisi sistem yang sebenarnya, sehingga diperoleh informasi kinerja potensi biodegradasi dari sistem MBBR tersebut. Rangkaian MBBR-PU *Foam* terdiri dari:

- R₁, reaktor untuk equalisasi pada kondisi anoksik, volume 250 L
- R₂, reaktor untuk proses nitrifikasi, volume 500 L
- R₃, reaktor proses denitrifikasi sekaligus proses pengendapan, menggunakan *tube settler*, volume 250 L
- R₁ dan R₂ berisi media PU-foam sebanyak 2,5 – 5 % volume reaktor.
- *Hydraulic retention time* (HRT) untuk R₁ adalah 3 jam, sedangkan R₂ adalah 6 jam.

- Proses aerasi hanya diberikan pada R₂ karena diharapkan terjadi proses nitrifikasi, sedangkan R₁ dan R₃ merupakan proses anoksik, sehingga tanpa aerasi.
- Agar proses denitrifikasi pada R₂ berjalan dengan sempurna, maka diberikan tambahan sumber karbon yaitu *ethanol* 20%.



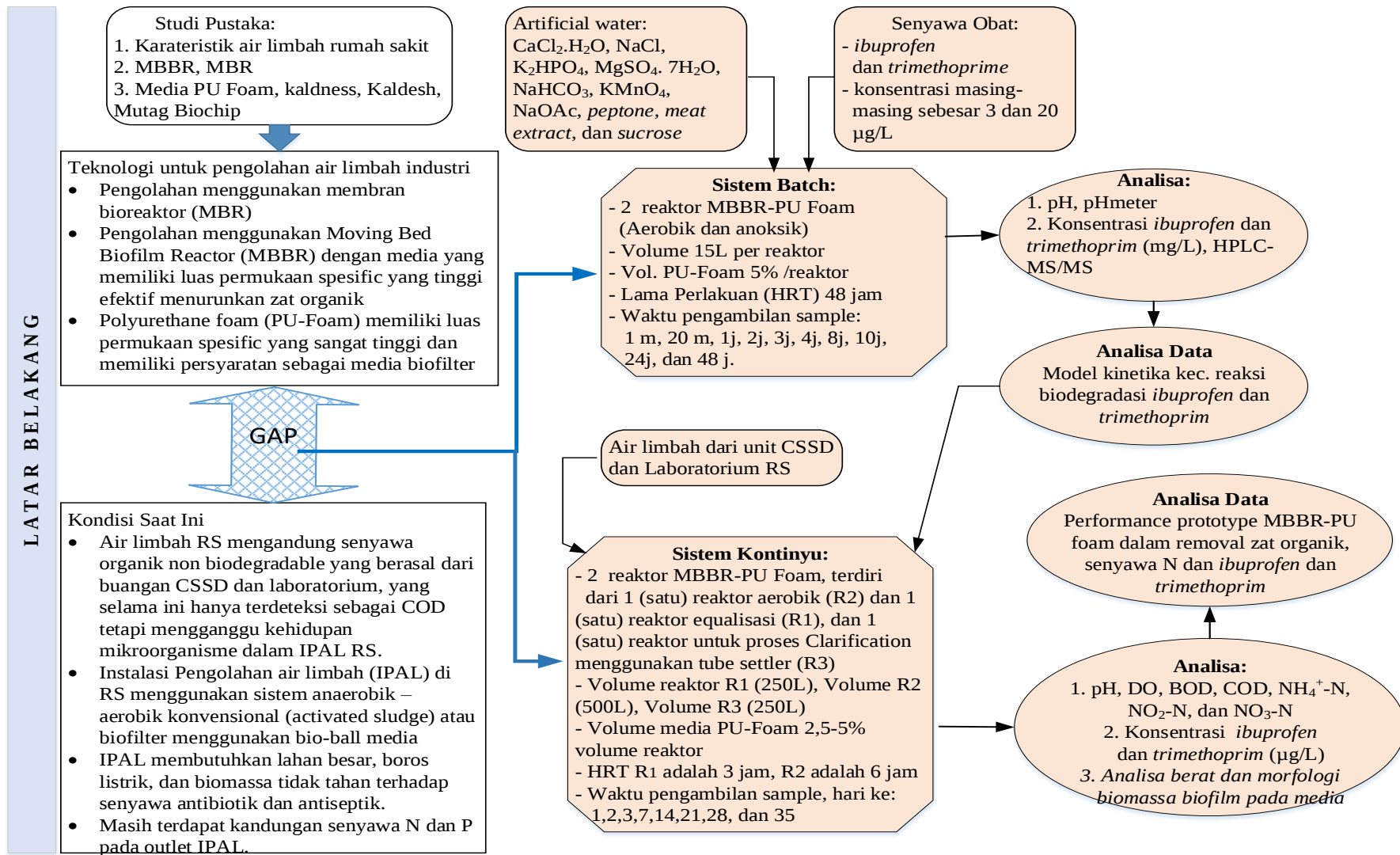
Gambar 3.2. Rangkaian MBBR sistem kontinu

Konsentrasi zat organik pada sistem limbah rumah sakit yang berfluktuatif maka monitoring dan pengambilan sample pada hari ke 1 (satu) disesuaikan dengan HRT masing-masing reaktor, yaitu setiap 3 jam untuk R₁ dan setiap 6 jam untuk R₂. Pengambilan sample untuk analisa kandungan senyawa obat dilakukan menggunakan pipet kaca 10 ml sebanyak 3 (tiga) kali untuk masing-masing sample. Konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* dalam sample dianalisa menggunakan HPLC-MS/MS.

Parameter umum yang dimonitor secara berkala pada Tahap II adalah suhu, pH, oksigen terlarut (DO), BOD, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$. Sample untuk analisa BOD perlu diawetkan jika tidak langsung dianalisa, sedangkan sample COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ dianalisa pada hari yang sama. Periode pengambilan sample adalah hari ke 1, 2, 3, 7, 14, 21, 28, dan 35.

Analisa biomassa dari biofilm media dilakukan secara gravimetri dengan cara terlebih dahulu mengambil 10 buah media untuk setiap reaktor dan meletakkannya pada *aluminium foil cup*, mengeringkannya pada suhu 105°C selama semalam, menimbang dan mencatat sebagai berat awal. Selanjutnya mencuci media menggunakan tetesan larutan NaOH 2M dan membilasnya dengan *de-ionised water*. Setelah proses mencuci, dilanjutkan kembali dengan proses mengeringkan media pada suhu 105°C selama semalam, menimbang dan mencatat sebagai berat setelah pencucian. Berat biomassa dalam media adalah selisih berat sebelum dan sesudah pencucian. Selanjutnya jumlah biomassa per luas permukaan spesifik media dapat diketahui. Periode pengambilan sample untuk analisa biomassa adalah minggu ke 2, 4, 6, 8, dan 15.

Selain analisa biomassa, biofilm dalam media PU-foam juga diperiksa morfologinya menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Prosedur preparasi analisa morfologi biofilm menggunakan SEM mengikuti cara yang dilakukan oleh Abtahi *et al.*, (2018), yaitu mengelupas biofilm yang menutupi media secara hati-hati, dan mengguntingnya menjadi beberapa potongan kecil. Setiap potongan direndam dalam 2 mL *glutaraldehyde* 4%, 1 mL *phosphate buffer* (pH 7,4) dan 1 mL *demineralized water* selama 20 menit. Selanjutnya dilakukan 2 (dua) kali pencucian dengan 1 mL *phosphate buffer*, 2 mL *sucrose* 0,4M dan 1 mL *demineralized water* selama 15 menit. Sample potongan biofilm yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan dengan cara merendam berturut-turut ke dalam 2 mL larutan *acetone-water* (50%:50%) selama 5 menit, 2 mL larutan *acetone-water* (70%:30%) selama 5 menit, dan 2 mL larutan *acetone* – *hexamethyldisilazane* (HMDS) (50%:50%) selama 5 menit. Selanjutnya sample di keringkan semalam bersamaan dengan evaporasi HMDS.



Gambar 3.3. Diagram alir penelitian

Pada Gambar 3.3. menunjukan bahwa hasil penelitian Tahap I adalah model kinetika kecepatan reaksi biodegradasi zat organik *ibuprofen* dan *trimethoprim*. Informasi dari model kinetika kecepatan reaksi tersebut antara lain adalah nilai konstanta kecepatan reaksi biodegradasi (k , jam⁻¹) untuk masing zat organik. Data tersebut menjadi dasar pendekatan perhitungan volume reaktor dan volume efektif media PU *Foam* pada Tahap II.

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian skala *batch* dilakukan di Laboratorium Kesehatan Lingkungan, sedangkan penelitian skala kontinyu dilakukan di IPAL RSUD Sidoarjo. Analisa senyawa *ibuprofen* dan *trimethoprim* dilakukan di ULP Farmasi Universitas Airlangga dan Fakultas Farmasi Universitas Surabaya. Analisa pH, suhu, oksigen terlarut (DO), BOD, COD, ammonium nitrogen (NH₄⁺-N), nitrit nitrogen (NO₂-N) dan nitrat nitrogen (NO₃-N), dilakukan di Laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Surabaya.

3.5. Variabel Penelitian

Variabel bebas pada Tahap I adalah :

Konsentrasi senyawa *ibuprofen* dan *trimethoprim* yaitu 20 dan 100 mg/L.

Variabel terikat adalah :

- 1) % penurunan konsentrasi senyawa *ibuprofen* dan *trimethoprim*
- 2) Perubahan pH

3.6. Spesifikasi Model Pengolahan

3.6.1. Tahap I

- Model reaktor pada sistem MBBR-PU *Foam* untuk penelitian Tahap I (*batch*) terbuat dari plastik dengan volume 15 L, dilengkapi dengan pipa inlet dan *sample port*.
- Terdapat blower, dan pipa diffuser udara untuk R₁ (reaktor aerobik)
- Tangki R₂ dikondisikan anoksik (tidak terdapat tambahan udara)
- Masing-masing reaktor diisi dengan media PU-foam dengan volume 5%

3.6.2. Tahap II

- Model reaktor pada sistem MBBR-PU *Foam* untuk penelitian Tahap II (kontinyu) terbuat dari 4 tangki *High Density Poly Ethylene* (HDPE) dengan volume masing-masing 300 L. Masing-masing tangki dilengkapi dengan pipa inlet – outlet, *sample port*, pipa *sludge drain*.
- Masing-masing reaktor diisi dengan media PU-foam dengan volume 2,5 – 5%
- Dilengkapi dengan *submerged pump* untuk mengalirkan air limbah dari sumur pengumpul ke sistem MBBR
-

3.7. Metode Analisis Sample

Analisis sample meliputi parameter suhu, pH, oksigen terlarut (DO), BOD, COD, NH_4^+ -N, NO_2 -N dan NO_3 -N, konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim*, analisa berat dan morfologi biomassa. Metoda yang digunakan dijabarkan dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.1. Metode Analisis Sample

Parameter	Metode Analisis
pH	Potensiometri
Oksigen terlarut	Potensiometri
COD	Spektrofotometer
Nitrogen	Potensiometri
<i>ibuprofen</i> dan <i>trimethoprim</i>	HPLC
Berat Biomassa	Gravimetri
Morfologi Biomassa	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)

3.8. Analisis Data

Sebelum dilakukan analisis pengaruh, data penelitian terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan untuk menjawab hipotesis nol statistik yaitu data penelitian mengikuti distribusi normal. Sedangkan uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui varians data bersifat homogen atau heterogen berdasarkan faktor-faktor tertentu yang dilakukan pada penelitian.

Uji asumsi kenormalan data dilakukan dengan metode *Kolmogorov Smirnov*. Metode ini sangat baik digunakan jika setiap nilai hasil satuan percobaan bersifat independen. Konsep dasar dari uji normalitas *Kolmogorov Smirnov* adalah membandingkan distribusi data yang akan diuji kenormalannya dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku adalah data yang telah ditransformasikan ke dalam bentuk *Z-score* dan diasumsikan normal.

Pada uji *Kolmogorov Smirnov*, jika signifikansi (P_{value}) dibawah 0,05 artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara data yang diuji kenormalannya dengan data normal baku. Apabila nilai signifikansi (P_{value}) diatas 0,05 maka tidak terjadi perbedaan signifikan antara data yang diuji dengan data normal baku, yang artinya data yang diuji berdistribusi normal.

BAB 4. HASIL PENELITIAN

4.1. Tahap I (*Batch System*)

Tahap I dilakukan secara *batch* dalam laboratorium, dengan menggunakan rangkaian MBBR- PU *foam* skala kecil. Rangkaian MBBR-PU *foam* terdiri dari 2 reaktor yaitu R₁ dan R₂, dilakukan untuk mengevaluasi *performance removal* zat organik dan proses nitrifikasi (R₁) serta proses denitrifikasi (R₂). Volume masing-masing reaktor adalah 10 L. Volume media PU-foam untuk masing-masing reaktor tetap 5% volume air limbah. Sample yang dipakai adalah *artificial water* yaitu aquadest yang telah dibubuhi nutrisi dan mikroba serta senyawa obat yang telah ditentukan dengan dosis masing-masing 20 dan 100 mg/L .

Perlakuan pada setiap reaktor berlangsung selama 48 jam. Pengambilan sample pada waktu pengambilan yang telah ditentukan menggunakan pipet kaca sebanyak 20 ml, pada 1 menit, 20 menit, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 8 jam, 10 jam, 24 jam, dan 48 jam. Setiap sample diperiksa pH, oksigen terlarut (DO), COD, NH₄⁺-N, NO₂-N, NO₃-N dan berat kering biofilm dalam media PU-Foam. Hasil pemeriksaan seperti disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, NH₄⁺-N, NO₂-N dan NO₃-N pada dosis pembubuhan senyawa obat 20 mg/L, pada reaktor aerobik (R₁)

HRT	pH	DO, mg/L	COD, mg/L	NH ₄ ⁺ -N, mg/L	NO ₂ -N, mg/L	NO ₃ -N, mg/L	Biofilm, g/L
1 menit	7,5	4,44	798,12	1000	150	230	0,258
20 menit	7,5	4,84	629,07	1000	150	230	0,343
1 Jam	7,5	5,04	490,71	500	150	230	0,687
2 Jam	7,5	5,84	383,19	500	125	230	0,858
3 Jam	7,5	6,84	208,83	500	125	230	0,943
4 Jam	7,5	6,9	100,67	500	125	230	1,027
8 Jam	7,5	7,7	42,39	400	125	230	1,373
10 Jam	7,5	7,8	21,05	300	125	230	1,545
24 Jam	7,5	7,7	10,2	200	125	230	2,746
48 Jam	7,5	7,6	2,3	100	80	160	4,120

Pada Tabel 4.1. terlihat bahwa pH air pada reaktor selama proses aerasi adalah 7,5. Proses oksidasi zat organik dalam air limbah oleh mikroba aerobik tidak menyebabkan penurunan pH. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada awal proses aerasi adalah 4,44 mg/L, dan selama proses aerasi berlangsung konsentrasi DO naik secara signifikan. Pada HRT 4 jam, konsentrasi DO meningkat sebesar 55,5%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) meningkat 70%. Kondisi ini dimungkinkan karena selama proses aerasi berlangsung, reaktor R₁ dijaga suhunya tetap 27°C.

Konsentrasi zat organik pada penelitian ini diukur sebagai parameter COD. Pada awal proses aerasi, COD *artificial water* sebesar 798 mg/L, pada HRT 4 jam konsentrasi zat organik turun menjadi 100,67 mg/L atau 87,39%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi zat organik menjadi 2,3 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada awal proses aerasi masing – masing sebesar 1000 mg/L, 150 mg/L dan 230 mg/L. Pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 500 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ tetap sebesar 150 mg/L dan 230 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 100 mg/L, 80 mg/L dan 160 mg/L.

Pada Tabel 4.1 juga terlihat bahwa berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam) pada awal perlakuan sebesar 0,258 g/L, hal ini menunjukkan bahwa media PU-Foam yang dipakai dalam reaktor R_1 merupakan media yang telah diaktivasi terlebih dahulu, sehingga mikroorganisme yang berperan dalam proses oksidasi zat organik dalam kondisi sehat. Pada HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,343 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 298%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 4,12 g/L.

Tabel 4.2. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 100 mg/L, pada reaktor aerobik (R_1)

HRT	pH	DO, mg/L	COD, mg/L	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_2\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_3\text{-N}$, mg/L	Biofilm, g/L
1 menit	7,6	4,34	797,24	1000	150	230	0,258
20 menit	7,6	5,04	715,87	1000	150	230	0,338
1 Jam	7,5	5,12	622,63	1000	125	230	0,419
2 Jam	7,6	5,40	525,54	500	125	230	0,501
3 Jam	7,6	6,70	402,61	500	125	230	0,579
4 Jam	7,6	7,0	259,68	500	125	230	0,661
8 Jam	7,6	7,8	138,83	400	125	230	0,982
10 Jam	7,6	7,8	90,36	300	125	230	1,142
24 Jam	7,6	7,8	44,52	300	125	230	2,268
48 Jam	7,6	7,7	11,82	200	125	160	3,860

Pada Tabel 4.2. terlihat bahwa pH air pada reaktor selama proses aerasi adalah 7,6, hal ini menunjukkan bahwa selama proses oksidasi zat organik dalam air limbah oleh mikroba aerobik, pH tetap stabil dan tidak mengalami penurunan. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada awal proses aerasi adalah 4,34 mg/L, dan selama proses aerasi berlangsung konsentrasi DO naik secara signifikan. Pada HRT 4 jam, konsentrasi DO meningkat sebesar 61,3 %, dan

pada akhir percobaan (HRT 48 jam) meningkat 77%. Kondisi ini dimungkinkan karena selama proses aerasi berlangsung, reaktor R₁ dijaga suhunya tetap 27°C.

Konsentrasi zat organik pada penelitian ini diukur sebagai parameter COD. Pada awal proses aerasi, COD *artificial water* sebesar 797,24 mg/L, pada HRT 4 jam konsentrasi zat organik turun menjadi 259,68 mg/L atau 67,42%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi zat organik menjadi 11,82 mg/L. Konsentrasi NH₄⁺-N, NO₂-N, NO₃-N pada awal proses aerasi masing – masing sebesar 1000 mg/L, 150 mg/L dan 230 mg/L. Pada HRT 4 jam konsentrasi NH₄⁺-N turun menjadi 500 mg/L, konsentrasi NO₂-N, turun menjadi 125 mg/L dan NO₃-N tetap sebesar 230 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi NH₄⁺-N, NO₂-N, NO₃-N masing-masing turun menjadi 200 mg/L, 125 mg/L dan 160 mg/L.

Pada Tabel 4.2 juga terlihat bahwa berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam) pada awal perlakuan sebesar 0,258 g/L, hal ini menunjukkan bahwa media PU-Foam yang dipakai dalam reaktor R₁ merupakan media yang telah diaktivasi terlebih dahulu, sehingga mikroorganisme yang berperan dalam proses oksidasi zat organik dalam kondisi sehat. Pada HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,661 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 156%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 3,86 g/L.

Tabel 4.3. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, NH₄⁺-N, NO₂-N dan NO₃-N pada dosis pembubuhan senyawa obat 20 mg/L, pada reaktor Anoksik (R₂)

HRT	pH	DO, mg/L	COD, mg/L	NH ₄ ⁺ -N, mg/L	NO ₂ -N, mg/L	NO ₃ -N, mg/L	Biofilm, g/L
1 menit	7,6	3	780,23	1000	150	80	0,258
20 menit	7,6	3	642,55	1000	150	80	0,295
1 Jam	7,5	3	596,65	1000	150	120	0,332
2 Jam	7,3	3	550,75	900	175	130	0,369
3 Jam	7,0	2,8	532,40	800	250	130	0,407
4 Jam	6,6	2,6	468,14	700	250	140	0,444
8 Jam	6,2	2,4	431,42	700	280	160	0,593
10 Jam	6,0	2,4	367,17	600	280	160	0,668
24 Jam	6,0	2,8	293,74	400	350	200	1,189
48 Jam	6,0	2,8	176,24	300	400	260	1,788

Pada Tabel 4.3. terlihat bahwa pH air pada reaktor pada awal proses anoksik adalah 7,6 dan terus turun perlahan. Pada HRT 4 jam pH turun menjadi 6,6, dan pada HRT 48 jam turun menjadi 6. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada awal proses anoksik adalah 3 mg/L, dan selama proses oksidasi berlangsung konsentrasi DO turun secara perlahan. Pada HRT 4 jam,

konsentrasi DO turun menjadi 2,6 mg/L atau sebesar 13,3%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) DO akhir adalah 2,8 mg/L.

Konsentrasi zat organik pada penelitian ini diukur sebagai parameter COD. Pada awal proses anoksik, COD *artificial water* sebesar 780,23 mg/L, pada HRT 4 jam konsentrasi zat organik turun menjadi 468,14 mg/L atau 40%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi zat organik masih tersisa 176,24 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada awal proses anoksik masing – masing sebesar 1000 mg/L, 150 mg/L dan 80 mg/L. Pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 700 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ naik menjadi 250 mg/L dan 140 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 100 mg/L, 80 mg/L dan 160 mg/L.

Pada Tabel 4.3 juga terlihat bahwa berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam) pada awal perlakuan sebesar 0,258 g/L, hal ini menunjukkan bahwa media PU-Foam yang dipakai dalam reaktor R₂ merupakan media yang telah diaktivasi terlebih dahulu, sehingga mikroorganisme yang berperan dalam proses oksidasi zat organik dalam kondisi sehat. Pada HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,444 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 35,3%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 1,788 g/L.

Tabel 4.4. Analisa pH, Oksigen terlarut, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ pada dosis pembubuhan senyawa obat 100 mg/L, pada reaktor anoksik (R₂)

HRT	pH	DO, mg/L	COD, mg/L	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_2\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_3\text{-N}$, mg/L	Biofilm, g/L
1 menit	7,6	3	773,71	1000	150	80	0,258
20 menit	7,6	3	742,65	1000	150	120	0,293
1 Jam	7,5	3	619,86	1000	150	130	0,327
2 Jam	7,5	3	563,68	1000	175	130	0,361
3 Jam	7,3	2,8	544,89	900	250	140	0,396
4 Jam	7,2	2,8	497,92	900	250	160	0,429
8 Jam	7,0	2,8	441,55	800	280	160	0,567
10 Jam	6,5	2,5	353,40	700	280	200	0,637
24 Jam	6,4	2,4	247,38	600	350	230	1,117
48 Jam	6,4	2,2	173,17	400	370	290	1,651

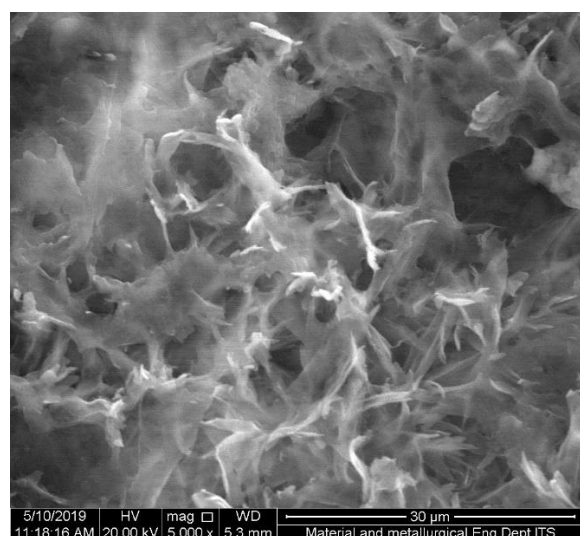
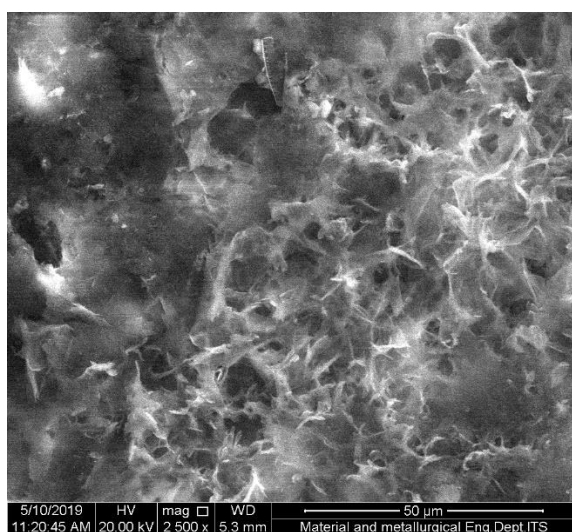
Pada Tabel 4.4. terlihat bahwa pH air pada reaktor pada awal proses anoksik adalah 7,6 dan terus turun perlahan. Pada HRT 4 jam pH turun menjadi 7,2 , dan pada HRT 48 jam turun menjadi 6,4. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada awal proses anoksik adalah 3 mg/L, dan selama proses oksidasi berlangsung konsentrasi DO turun secara perlahan. Pada HRT 4 jam,

konsentrasi DO turun menjadi 2,8 mg/L atau sebesar 6,66 %, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) DO akhir adalah 2,2 mg/L.

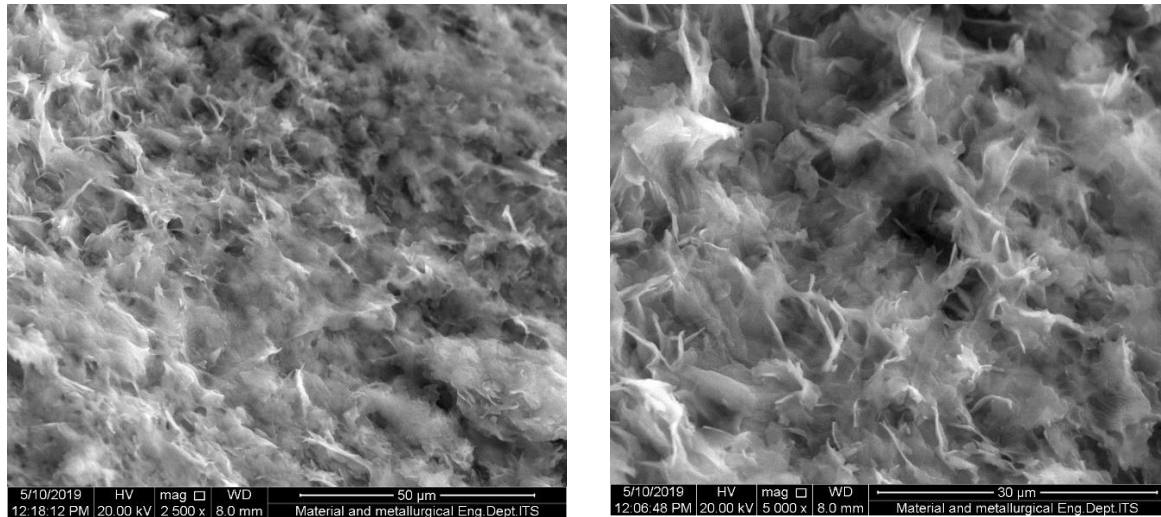
Konsentrasi zat organik pada penelitian ini diukur sebagai parameter COD. Pada awal proses anoksik, COD *artificial water* sebesar 773,71 mg/L, pada HRT 4 jam konsentrasi zat organik turun menjadi 497,92 mg/L atau 35,64%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi zat organik masih tersisa 173,17 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada awal proses anoksik masing – masing sebesar 1000 mg/L, 150 mg/L dan 80 mg/L. Pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 900 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ naik menjadi 250 mg/L dan 160 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 400 mg/L, 370 mg/L dan 290 mg/L.

Pada Tabel 4.4 juga terlihat bahwa berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam) pada awal perlakuan sebesar 0,258 g/L, hal ini menunjukkan bahwa media PU-Foam yang dipakai dalam reaktor R₂ merupakan media yang telah diaktivasi terlebih dahulu, sehingga mikroorganisme yang berperan dalam proses oksidasi zat organik dalam kondisi sehat. Pada HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,424 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 39,8%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 1,651 g/L.

Hasil analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biofilm media PU-Foam setelah 48 jam aerasi disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Pada analisa SEM tersebut menunjukkan bahwa biofilm yang ada dalam media PU-Foam terlihat tebal.



Gambar 4.1. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biofilm media PU-Foam setelah 48 jam aerasi pada pembubuhan dosis obat 20 mg/L



Gambar 4.2. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biofilm media PU-Foam setelah 48 jam aerasi pada pembubuhan dosis obat 100 mg/L

Tabel 4.5 Analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *thrimethropim*) pada reaktor aerobik (R₁)

HRT	Dosis 20 mg/L		Dosis 100 mg/L	
	Ibuprofen	Thrimethropim	Ibuprofen	Thrimethropim
1 menit	20	20	100	100
20 menit	12	19	63	91
1 Jam	7.2	19	36	87
2 Jam	4.2	18	21	75
3 Jam	2.4	16	12	73
4 Jam	0.5	15	2.5	69
8 Jam	NA	11	NA	36
10 Jam	NA	8	NA	23
24 Jam	NA	5	NA	16
48 Jam	NA	3	NA	10

Pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *thrimethropim*) pada reaktor aerobik (R₁). Pada dosis 20 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *thrimethropim* telah mengalami penurunan masing-masing menjadi 0,5 mg/L dan 15 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 25%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah tidak dapat dideteksi (*Not Available*), sedangkan konsentrasi *thrimethropim* masih tersisa 3 mg/L. Pada dosis 100 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *thrimethropim* telah juga mengalami penurunan masing-masing menjadi 2,5 mg/L dan 69 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 31%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah tidak dapat dideteksi (*Not Available*), sedangkan konsentrasi *thrimethropim* masih tersisa 10 mg/L.

Tabel 4.6 Analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *thrimethropim*) pada reaktor anoksik (R₂)

HRT	Dosis 20 mg/L		Dosis 100 mg/L	
	Ibuprofen	Thrimethropim	Ibuprofen	Thrimethropim
1 menit	20	20	100	100
20 menit	13,8	19,5	65,4	96
1 Jam	9	19,1	38,1	92
2 Jam	6	18,6	23,7	80
3 Jam	4,2	17,1	19,2	78
4 Jam	2,3	16,3	13,3	74
8 Jam	1,7	13,2	11,6	41
10 Jam	0,8	11,9	7,1	28
24 Jam	0,2	10,1	4,2	21
48 Jam	0,07	8,2	3,4	15

Pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *thrimethropim*) pada reaktor anoksik (R₂). Pada dosis 20 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *thrimethropim* telah mengalami penurunan masing-masing menjadi 2,3 mg/L dan 16,3 mg/L atau turun masing-masing sebesar 88,6% dan 18,5%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah masih terdeteksi sebesar 0,07 mg/L , sedangkan konsentrasi *thrimethropim* masih tersisa 8,2 mg/L. Pada dosis 100 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *thrimethropim* telah juga mengalami penurunan masing-masing menjadi 13,3 mg/L dan 74 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 26%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* masih terdeteksi sebesar 3,4 mg/L, sedangkan konsentrasi *thrimethropim* masih tersisa 15 mg/L.

4.2. Tahap II (*Continues System*)

Prototype MBBR terdiri dari 4 bak HDPE ukuran 270 L. Pada Bak 1 berfungsi sebagai tangki equalisasi untuk penyesuaian *hydraulic rate*. Bak 2 berfungsi sebagai tangki aerasi, yang didalamnya dilengkapi *diffuser* dan *perforator* , dan diisi dengan media PU-Foam. Bak 3 (R₃), berfungsi sebagai tangki denitrifikasi dan pengendapan, sehingga dilengkapi dengan *tube settler* dan *weir*. Bak 4 berfungsi sebagai bak penampungan hasil. Semua bak dilengkapi dengan tutup untuk menjamin terhindar masuknya bahan lain dari luar.



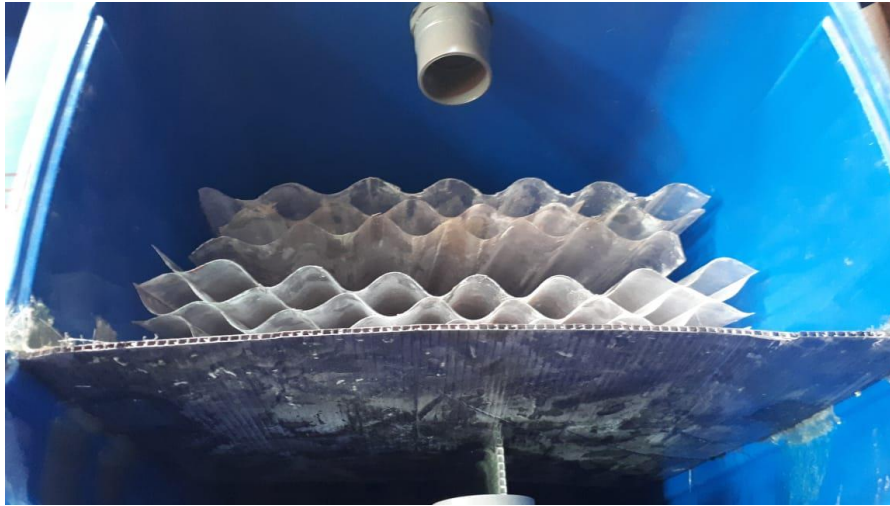
Gambar 4.3. Bak Equalisasi



Gambar 4.4. bak Aerasi (tampak dari luar)



Gambar 4.5. Bak Aerasi tampak dalam (dilengkapi lubang diffuser dan perforator)



Gambar 4.6. Bak pengendapan (dilengkapi *tube settler*)



Gambar 4.7. Rangkaian MBBR



Gambar 4.8 Media PU-Foam

4.2.1. Kualitas Air Baku Penelitian

Air baku yang digunakan dalam Tahap II bukan limbah cair unit CSSD, karena volume limbah yang dikeluarkan sedikit (kurang dari 200 L/hari), sehingga tidak bisa digunakan dalam proses kontinyu. Manajemen RSUD Sidoarjo mengizinkan untuk menggunakan limbah cair yang ada didalam Bak Pengumpul Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Daerah Sidoarjo.

Tabel 4.7 Kualitas Limbah cair di bak pengumpul IPAL RSUD Sidoarjo

Parameter	Konsentrasi
BOD, mg/L	126 – 181
COD, mg/L	248 – 417
Permanganat value (KMnO ₄), mg/L	67 – 750
NH ₃ , mg/L	40 – 60
NO ₂ -N , mg/L	0,013 – 0,275
NO ₃ -N, mg/L	2,2 – 9
Suspended Solid, mg/L	27 – 230
Minyak/lemak, mg/L	1 – 25
Besi, mg/L	0,1 – 70
Total PO ₄ , mg/L	6,09 – 8,21
pH	6 - 8

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa limbah cair RS memiliki konsentrasi zat organik yang tinggi, dengan rasio rata-rata BOD/COD sebesar 0,47, yang artinya dapat dioleh dengan pengolahan biologi. Limbah cair RS juga memiliki konsentrasi phosphat yang cukup tinggi sebesar 6,09-8,21 mg/L, sehingga perlu pengolahan khusus.

4.2.2. *Seeding Microbe* pada media PU-Foam

*Prototype*MBBR dioperasikan selama 2 bulan terus menerus. Sebelum di gunakan untuk mengolah limbah cair RS, terlebih dulu dilakukan *seeding microbe* pada media PU-Foam. Proses *seeding* dilakukan selama 7 hari, menggunakan mikroba *aerobic starter* yang telah diketahui yaitu konsorsium mikroba *Nitrosomonas* sp, *Nitrosobacter* sp, *Aerobacter* sp, *Lactobacillus* sp, dan *Saccharomyces* C, dengan dosis 10-15 ml per mg/L BOD inlet). Proses *seeding microbe* dilakukan secara *batch* pada Bak 2 sebagai reaktor aerasi. Prosedur *seeding* adalah sebagai berikut:

- Mengisi Bak 2 dengan air bersih, dan diaerasi selama 24 jam agar konsentrasi oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L. Selanjutnya, kedalam bak aerasi dibubuhi larutan nutrisi, yaitu larutan dengan rasio konsentrasi C, N dan P sebesar 100 : 5 : 1.
- Proses aerasi dilakukan terus menerus selama proses *seeding* berlangsung (4 hari).
- Setelah 4 hari, air dalam bak aerasi dibuang sebesar 20% per hari dan diganti dengan limbah cair asli. Proses ini dilakukan sampai semua air bersih telah diganti dengan limbah cair asli, dan proses dilanjutkan selama 2 hari.

Pengukuran berat kering biofilm dalam media PU-Foam setelah proses *seeding* selesai adalah 1,827 g/L.

4.2.3. Kondisi Kerja *Prototype*MBBR

Kondisi kerja *Prototype*MBBR selama 2 bulan di tunjukkan pada Tabel 4.8. Selama masa percobaan, suhu, pH dan level oksigen dipertahankan pada level stabil.

Tabel 4.8. Parameter Umum *Prototype*MBBR

Reaktor	HRT (jam)	pH	Temp (°C)	DO (mg/L)	Biofilm (g/L)
Equalisasi	1,13	7,1±0,3	29±1,3	2,60±1,7	-
Aerasi	1,13	7,4±0,3	29±1,2	6,83±2,1	1,827
Denitrifikasi & klarifikasi	1,13	7,6±0,2	29±1,4	5,28±1,2	-
Penampungan	1,13	7,6±0,2	29±1,4	5,28±1,2	-

4.2.4. Proses penurunan zat organik pada *Prototype MBBR PU-Foam*

Proses penurunan zat organik dalam MBBR PU-Foam pada sistem kontinyu disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Analisa COD dan BOD pada MBBR PU-Foam media

Hari ke	COD (mg/L)			BOD (mg/L)			TOTAL PO ₄ (mg/L)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	383,63	189,45	146,34	137,01	69,35	46,55	8,21	7,55	6,09
2	417,93	184,33	150,15	181,71	101,57	61,99	7,74	6,28	5,53
3	291,26	120,78	114,95	161,81	94,71	51,42	7,18	6,12	5,26
4	331,19	104,05	99,74	157,71	108,16	49,93	6,49	5,38	5,02
5	324,54	109,92	93,88	170,81	112,96	55,8	6,22	5,19	4,56
6	248,79	84,23	79,86	177,71	117,54	59,13	5,63	4,92	4,44
7	392,89	128,04	117,15	151,11	101,86	48,13	5,13	4,07	3,51
14	291,43	90,22	89,97	126,71	87,48	39,21	5,24	3,16	2,29
21	324,56	98,54	93,85	180,31	125,57	51,82	5,04	2,78	1,68
28	330,35	85,98	78,64	157,31	116,37	45,88	4,81	2,29	1,26
35	368,08	86,01	84,57	167,31	128,21	48,08	4,92	2,88	1,82

Keterangan:

R₁ = bak equalisasi

R₂ = bak aerasi

R₃ = bak denitrifikasi dan klarifikasi

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi zat organik (yang diukur sebagai COD dan BOD) pada bak aerasi (R₂) dan bak denitrifikasi-klarifikasi (R₃). Penurunan konsentrasi zat organik yang diukur sebagai COD dan BOD pada R₂ masing-masing sebesar 50,6-69%. Penurunan zat organik (COD dan BOD) karena yang terjadi pada R₃ sebesar 3-23%. Konsentrasi PO₄ dalam limbah cair RS pada hari ke-1 sebesar 8,21 mg/L dan kemampuan mikroba MBBR dalam menurunkan senyawa PO₄ hanya 26%, dan meningkat setiap hari seiring dengan kemampuan adaptasi mikroba terhadap PO₄, sehingga pada hari ke 35 persentase *removal* PO₄ sebesar 67%.

Tabel 4.10. Analisa NH₄-N, NO₂-N, dan NO₃-N pada MBBR PU-Foam media

Hari ke	NH ₄ -N, mg/L			NO ₂ -N, mg/L			NO ₃ -N, mg/L		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	52,25	6,49	5,37	0,070	0,440	0,362	0,600	12,343	0,870
2	69,05	8,56	7,09	0,093	0,583	0,479	0,793	13,671	1,078
3	50,16	6,07	5,67	0,068	0,488	0,396	0,742	11,350	0,862
4	64,66	7,37	6,92	0,093	0,773	0,558	0,957	14,006	1,052

5	56,03	6,67	5,70	0,068	0,468	0,356	0,829	10,467	0,866
6	55,98	7,89	5,75	0,080	0,504	0,420	0,828	13,181	0,874
7	52,89	6,45	5,43	0,074	0,529	0,476	0,783	11,421	0,826
14	49,42	5,98	5,08	0,114	0,890	0,801	0,731	11,463	0,771
21	58,24	6,46	5,98	0,082	0,558	0,342	0,862	12,263	0,909
28	52,38	6,18	5,38	0,079	0,566	0,335	0,775	10,323	0,818
35	53,84	6,73	5,53	0,102	0,665	0,398	0,797	11,912	0,840

Keterangan:

R₁ = bak equalisasi

R₂ = bak aerasi

R₃ = bak denitrifikasi dan klarifikasi

Pada Tabel 4.9 terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi NH₄-N pada bak aerasi (R₂) dan bak denitrifikasi-klarifikasi (R₃). Penurunan konsentrasi NH₄-N karena terjadinya proses nitrifikasi pada R₂ (terbentuknya senyawa NO₂-N dan NO₃-N) dan denitrifikasi pada reaktor R₃. Penurunan konsentrasi NH₄-N pada R₂ sebesar 86-88%, pada R₃ terjadi tambahan penurunan NH₄-N sebesar 3-4% . Pembentukan senyawa NO₂-N karena proses nitrifikasi pada R₂ sebesar 84-88%, sedangkan pada R₃ terjadi reaksi NO₂-N menjadi NO₃-N dan dilanjutkan proses denitrifikasi sehingga konsentrasi NO₂-N mengalami penurunan sebesar 10-40%. Pembentukan senyawa NO₃-N karena proses nitrifikasi (terjadi reaksi NO₂-N menjadi NO₃-N) pada R₂ sebesar 92-95%, sedangkan pada R₃ terjadi proses denitrifikasi sehingga konsentrasi NO₃-N turun sebesar 92-93%.

4.2.5. Proses penurunan senyawa obat pada *Prototype*MBBR PU-Foam

Senyawa obat *ibuprofen* dan *Thrimetropim* diukur pada saat mikroba dalam *prototype*MBBR PU-Foam sudah kondisi adaptif, sehingga pengambilan sample dilakukan pada hari ke-28. Hasil analisa kandungan senyawa *ibuprofen* dan *Thrimetropim* dalam MBBR PU-Foam dapat disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.11. Analisa konsentrasi *ibuprofen* & *thrimethropim* pada MBBR PU-Foam media

Senyawa Obat	Konsentrasi, µg/L		
	R1	R2	R3
<i>Ibuprofen</i>	6,250	1,688	0,538
<i>Trimethropim</i>	0,525	0,250	0,225

Keterangan:

R₁ = bak equalisasi

R₂ = bak aerasi

R₃ = bak denitrifikasi dan klarifikasi

Pada Tabel 4.10 menunjukkan bahwa sistem MBBR PU-Foam mampu menurunkan senyawa *ibuprofen* sebesar 91% dan senyawa *thrimethropim* sebesar 57%.

BAB 6: KESIMPULAN & SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Karakteristik limbah cair rumah sakit

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah cair di bak pengumpul IPAL RS Sidoarjo. Karakteristik limbah cair rumah sakit adalah pH sebesar 6-8, suhu 29-31°C, BOD sebesar 235,39 – 450,17 mg/L dan COD sebesar 412,08 – 735,9 mg/L, amonium nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 49,42 – 69,05 mg/L, nitrit nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) 0,068 – 0,102 mg/L, nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) 0,6 – 0,957 mg/L, total padatan tersuspensi (TSS) sebesar 27-230 mg/L. Rasio rata-rata perbandingan BOD/COD sebesar 0,47, yang menunjukkan bahwa limbah cair dapat diolah menggunakan pengolahan biologi.

2. Evaluasi kemampuan *high rate* MBBR- PU foam secara batch adalah

- Pada dosis obat 20 mg/L, selama proses aerasi (HRT) 4 jam, konsentrasi DO meningkat sebesar 55,5%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) meningkat 70%. Nilai COD pada HRT 4 jam turun menjadi 100,67 mg/L atau 87,39%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) menjadi 2,3 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 500 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ tetap sebesar 150 mg/L dan 230 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 100 mg/L, 80 mg/L dan 160 mg/L. Berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam), pada HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,343 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 298%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 4,12 g/L.
- Pada dosis obat 100 mg/L, konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada HRT 4 jam, meningkat sebesar 61,3 %, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) meningkat 77%. Nilai COD pada HRT 4 jam, konsentrasinya turun menjadi 259,68 mg/L atau 67,42%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) menjadi 11,82 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada HRT 4 jam, konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 500 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, turun menjadi 125 mg/L dan $\text{NO}_3\text{-N}$ tetap sebesar 230 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 200 mg/L, 125 mg/L dan 160 mg/L. Berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam), pada HRT 4 jam sebesar 0,661 g/L (156%). Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 3,86 g/L.

- Pada obat dosis 20 mg/L, konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada HRT 4 jam turun menjadi 2,6 mg/L atau sebesar 13,3%, dan HRT 48 jam sebesar 2,8 mg/L. Konsentrasi COD, pada HRT 4 jam turun menjadi 468,14 mg/L atau 40%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) masih tersisa 176,24 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 700 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ naik menjadi 250 mg/L dan 140 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 100 mg/L, 80 mg/L dan 160 mg/L. Berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam), pada HRT 4 jam beratnya menjadi 0,444 g/L atau selama waktu 4 jam telah terbentuk tambahan biofilm sebesar 35,3%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 1,788 g/L.
- Pada dosis obat 100 mg/L, konsentrasi oksigen terlarut (DO) setelah HRT 4 jam menjadi 2,8 mg/L atau turun sebesar 6,66 %, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) sebesar 2,2 mg/L. Nilai COD, pada HRT 4 jam konsentrasi zat organik turun menjadi 497,92 mg/L atau 35,64%, dan pada akhir percobaan (HRT 48 jam) masih tersisa 173,17 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada HRT 4 jam konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ turun menjadi 900 mg/L, konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$, dan $\text{NO}_3\text{-N}$ naik menjadi 250 mg/L dan 160 mg/L. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam) konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ masing-masing turun menjadi 400 mg/L, 370 mg/L dan 290 mg/L. Berat kering biofilm yang menempel pada media *Polyurethane Foam* (PU-Foam), setelah HRT 4 jam berat kering biofilm sebesar 0,424 g/L atau bertambah 39,8%. Pada akhir percobaan (HRT 48 jam), berat kering biofilm sebesar 1,651 g/L.
- Hasil analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *trimethoprim*) pada reaktor aerobik. Pada dosis 20 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* telah mengalami penurunan masing-masing menjadi 0,5 mg/L dan 15 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 25%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah tidak dapat dideteksi (*Not Available*), sedangkan konsentrasi *trimethoprim* masih tersisa 3 mg/L. Pada dosis 100 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* telah juga mengalami penurunan masing-masing menjadi 2,5 mg/L dan 69 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 31%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah tidak dapat dideteksi (*Not Available*), sedangkan konsentrasi *trimethoprim* masih tersisa 10 mg/.
- Hasil analisa konsentrasi obat (*ibuprofen*, *trimethoprim*) pada reaktor anoksik. Pada dosis 20 mg/L dengan HRT 4 jam , konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* telah

mengalami penurunan masing-masing menjadi 2,3 mg/L dan 16,3 mg/L atau turun masing-masing sebesar 88,6% dan 18,5%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* sudah masih terdeteksi sebesar 0,07 mg/L, sedangkan konsentrasi *trimethoprim* masih tersisa 8,2 mg/L. Pada dosis 100 mg/L dengan HRT 4 jam, konsentrasi *ibuprofen* dan *trimethoprim* telah juga mengalami penurunan masing-masing menjadi 13,3 mg/L dan 74 mg/L atau turun masing-masing sebesar 97,5% dan 26%. Pada HRT 48 jam, konsentrasi *ibuprofen* masih terdeteksi sebesar 3,4 mg/L, sedangkan konsentrasi *thrimethoprim* masih tersisa 15 mg/L

3. Model kinetika kecepatan reaksi biodegradasi dari senyawa organik *ibuprofen* dan *thrimethoprim*, mengikuti kinetika degradasi tingkat pertama

$$C = (C_0)e^{-kt}$$

Nilai konstanta laju degradasi (k) sebagai berikut:

- Senyawa obat *ibuprofen* kondisi aerobik, $k = 6,5 \times 10^{-1}$ L/jam.g
 - Senyawa obat *ibuprofen* kondisi anoksik, $k = 3,16 \times 10^{-2}$ L/jam.g
 - Senyawa obat *thrimethoprim* kondisi aerobik, $k = 1,35 \times 10^{-2}$ L/jam.g
 - Senyawa obat *thrimethoprim* kondisi anoksik, $k = 1,91 \times 10^{-2}$ L/jam.g
3. Evaluasi kemampuan *prototype high rate* MBBR dengan media PU-Foam dalam menurunkan senyawa organik, senyawa N dan senyawa *ibuprofen* dan *thrimethoprim* dalam air limbah secara kontinyu adalah sebagai berikut:
- Kemampuan dalam menurunkan senyawa organik yang diukur sebagai COD sebesar 60,5-77%, sedangkan senyawa organik yang diukur sebagai BOD sebesar 66-71%
 - Kemampuan dalam menurunkan senyawa nitrogen yang diukur $\text{NH}_4^+\text{-N}$ sebesar 88-90%
 - Kemampuan dalam menurunkan senyawa *ibuprofen* sebesar 91%
 - Kemampuan dalam menurunkan senyawa *thrimethoprim* sebesar 57%

6.2. Saran

1. Keberadaan senyawa Phosphat (PO_4) dalam limbah cair cukup mengganggu difusi oksigen ke dalam air limbah, terutama apabila suhu limbah cair diatas 25°C , sehingga perlu penanganan senyawa Phosphat (PO_4) terlebih dahulu sebelum limbah cair masuk ke sistem MBBR. Penanganan senyawa PO_4 dengan penambahan bahan kimia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau FeCl_2 yang berfungsi sebagai *defoaming*.
2. Mengganti sistem *tube settler* dengan *unstructured biofilter* seperti kaldness atau kaldesh untuk memaksimalkan proses denitrifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abegglen, C., Joss, A., McArdell, C. S., Fink, G., Schlüsener, M. P., Ternes, T. A. and Siegrist, H. (2009) 'The fate of selected micropollutants in a single-house MBR', *Water Research*. Pergamon, 43(7), pp. 2036–2046. doi: 10.1016/J.WATRES.2009.02.005.
- Abtahi, S. M., Petermann, M., Juppeau Flambard, A., Beaufort, S., Terrisse, F., Trotouin, T., Joannis Cassan, C. and Albasi, C. (2018) 'Micropollutants removal in tertiary moving bed biofilm reactors (MBBRs): Contribution of the biofilm and suspended biomass', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 643, pp. 1464–1480. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.303.
- Brepols, C., Dorgeloh, E., Frechen, F.-B., Fuchs, W., Haider, S., Joss, A., de Korte, K., Ruiken, C., Schier, W., van der Roest, H., Wett, M. and Wozniak, T. (2008) 'Upgrading and retrofitting of municipal wastewater treatment plants by means of membrane bioreactor (MBR) technology', *Desalination*. Elsevier, 231(1–3), pp. 20–26. doi: 10.1016/J.DESAL.2007.11.035.
- Casas, M. E., Chhetri, R. K., Ooi, G., Hansen, K. M. S., Litty, K., Christensson, M., Kragelund, C., Andersen, H. R. and Bester, K. (2015) 'Biodegradation of pharmaceuticals in hospital wastewater by staged Moving Bed Biofilm Reactors (MBBR)', *Water Research*. Elsevier Ltd, 83, pp. 293–302. doi: 10.1016/j.watres.2015.06.042.
- Cruz-Morató, C., Lucas, D., Llorca, M., Rodriguez-Mozaz, S., Gorga, M., Petrovic, M., Barceló, D., Vicent, T., Sarrà, M. and Marco-Urrea, E. (2014) 'Hospital wastewater treatment by fungal bioreactor: Removal efficiency for pharmaceuticals and endocrine disruptor compounds', *Science of The Total Environment*. Elsevier, 493, pp. 365–376. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2014.05.117.
- El-taliawy, H., Casas, M. E. and Bester, K. (2018) 'Removal of ozonation products of pharmaceuticals in laboratory Moving Bed Biofilm Reactors (MBBRs)', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier, 347, pp. 288–298. doi: 10.1016/J.JHAZMAT.2018.01.002.
- Escolà Casas, M., Chhetri, R. K., Ooi, G., Hansen, K. M. S., Litty, K., Christensson, M., Kragelund, C., Andersen, H. R. and Bester, K. (2015) 'Biodegradation of pharmaceuticals in hospital wastewater by a hybrid biofilm and activated sludge system (Hybas)', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 530–531, pp. 383–392. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.05.099.
- Falås, P., Baillon-Dhumez, A., Andersen, H. R., Ledin, A. and la Cour Jansen, J. (2012) 'Suspended biofilm carrier and activated sludge removal of acidic pharmaceuticals', *Water Research*. Pergamon, 46(4), pp. 1167–1175. doi: 10.1016/J.WATRES.2011.12.003.
- Falås, P., Longrée, P., la Cour Jansen, J., Siegrist, H., Hollender, J. and Joss, A. (2013) 'Micropollutant removal by attached and suspended growth in a hybrid biofilm-activated sludge process', *Water Research*. Pergamon, 47(13), pp. 4498–4506. doi: 10.1016/J.WATRES.2013.05.010.
- Hari, S. K. M. and Hartaja, D. R. K. (2017) 'DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH Design Of Hospital Waste Water Treatment Instalation Capacity 40 M 3 / Day', 10(2), pp. 99–113.
- Jain, P. and Pradeep, T. (2005) 'Potential of silver nanoparticle-coated polyurethane foam as an antibacterial water filter', *Biotechnology and Bioengineering*, 90(1), pp. 59–63. doi: 10.1002/bit.20368.

Jess Krarup, Jakob Søholm, Ole Grønborg, S. Z. (2015) *New standard for hospital wastewater treatment, Filtration + Separation*. doi: 10.1016/S0015-1882(15)30141-5.

Joss, A., Keller, E., Alder, A. C., Göbel, A., McArdell, C. S., Ternes, T. and Siegrist, H. (2005) 'Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment', *Water Research*. Pergamon, 39(14), pp. 3139–3152. doi: 10.1016/J.WATRES.2005.05.031.

Joss, A., Zabczynski, S., Göbel, A., Hoffmann, B., Löffler, D., McArdell, C. S., Ternes, T. A., Thomsen, A. and Siegrist, H. (2006) 'Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: Proposing a classification scheme', *Water Research*. Pergamon, 40(8), pp. 1686–1696. doi: 10.1016/J.WATRES.2006.02.014.

Karaolia, P., Michael-Kordatou, I., Hapeshi, E., Alexander, J., Schwartz, T. and Fatta-Kassinos, D. (2017) 'Investigation of the potential of a Membrane BioReactor followed by solar Fenton oxidation to remove antibiotic-related microcontaminants', *Chemical Engineering Journal*. Elsevier, 310, pp. 491–502. doi: 10.1016/J.CEJ.2016.04.113.

Liu, Q., Zhou, Y., Chen, L. and Zheng, X. (2010) 'Application of MBR for hospital wastewater treatment in China', *Desalination*. Elsevier, 250(2), pp. 605–608. doi: 10.1016/J.DESAL.2009.09.033.

Liu, X., Wang, L. and Pang, L. (2018) 'Application of a novel strain *Corynebacterium pollutisoli* SPH6 to improve nitrogen removal in an anaerobic/aerobic-moving bed biofilm reactor (A/O-MBBR)', *Bioresource Technology*. Elsevier, 269, pp. 113–120. doi: 10.1016/J.BIORTECH.2018.08.076.

Moe, W.M. and Irvine, R. L. (2000) 'POLYURETHANE FOAM MEDIUM FOR BIOFILTRATION. I: CHARACTERIZATION', *Journal Environmental Eng.*, 126(September), pp. 815–825.

Ooi, G. T. H., Tang, K., Chhetri, R. K., Kaarsholm, K. M. S., Sundmark, K., Kragelund, C., Litty, K., Christensen, A., Lindholm, S., Sund, C., Christensson, M., Bester, K. and Andersen, H. R. (2018) 'Biological removal of pharmaceuticals from hospital wastewater in a pilot-scale staged moving bed biofilm reactor (MBBR) utilising nitrifying and denitrifying processes', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 267, pp. 677–687. doi: 10.1016/j.biortech.2018.07.077.

Polesel, F., Torresi, E., Loreggian, L., Casas, M. E., Christensson, M., Bester, K. and Plósz, B. G. (2017) 'Removal of pharmaceuticals in pre-denitrifying MBBR – Influence of organic substrate availability in single- and three-stage configurations', *Water Research*. Pergamon, 123, pp. 408–419. doi: 10.1016/J.WATRES.2017.06.068.

Rusten, B., Kolkinn, O. and Odegaard, H. (1997) 'Moving bed biofilm reactors and chemical precipitation for high efficiency treatment of wastewater from small communities', *Water Science and Technology*. No longer published by Elsevier, 35(6), pp. 71–79. doi: 10.1016/S0273-1223(97)00097-8.

Santos, J. L., Aparicio, I., Callejón, M. and Alonso, E. (2009) 'Occurrence of pharmaceutically active compounds during 1-year period in wastewaters from four wastewater treatment plants in Seville (Spain)', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier, 164(2–3), pp. 1509–1516. doi: 10.1016/J.JHAZMAT.2008.09.073.

von Sperling, M. (2007) *Basic Principles of Wastewater Treatment, Biological Wastewater Treatment*. doi: 10.5860/CHOICE.45-2632.

Stylianou, K., Hapeshi, E., Vasquez, M. I., Fatta-Kassinos, D. and Vyrides, I. (2018) 'Diclofenac biodegradation by newly isolated *Klebsiella* sp. KSC: Microbial intermediates and ecotoxicological assessment', *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Elsevier, 6(2), pp. 3242–3248. doi: 10.1016/J.JECE.2018.04.052.

Tang, K., Ooi, G. T. H., Litty, K., Sundmark, K., Kaarsholm, K. M. S., Sund, C., Kragelund, C., Christensson, M., Bester, K. and Andersen, H. R. (2017) 'Removal of pharmaceuticals in conventionally treated wastewater by a polishing moving bed biofilm reactor (MBBR) with intermittent feeding', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 236, pp. 77–86. doi: 10.1016/j.biortech.2017.03.159.

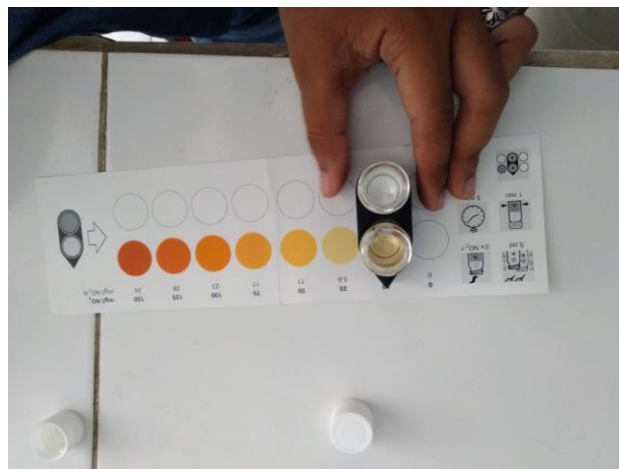
Veolia (2013) *An overview of the technology*.

Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M. and Barceló, D. (2010) 'Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options', *Journal of Hydrology*. Elsevier, 389(3–4), pp. 416–428. doi: 10.1016/J.JHYDROL.2010.06.005.

FOTO – FOTO KEGIATAN



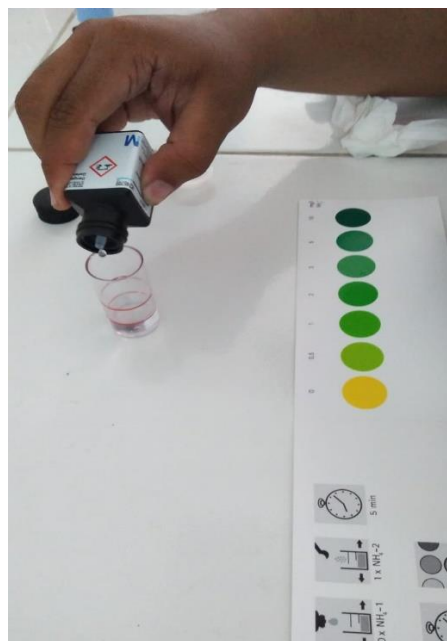
Pemeriksaan COD dengan spectrophotometer



Nitrat test



Nitrit Test



Amonium Test



Micro pippet Accumax



Nutri dan hasil seeding mikroba



Pemeriksaan vial COD



Reaktor Aerobik



Limbah cair dalam bak pengumpul



Bak Aerasi

LAMPIRAN 1

1. HONORARIUM				
HONOR	Justifikasi (jam/Minggu)	Jumlah Minggu	Honor/jam (Rp)	Honor per Tahun (Rp)
Pembantu Peneliti 1	8	24	25000	4,800,000
Pembantu Peneliti 2	8	24	25000	4,800,000
Pembantu Peneliti 3	6	24	25000	3,600,000
Subtotal (Rp)				13,200,000
2. BAHAN HABIS PAKAI				
Material	Justifikasi	Kuantitas	Harga satuan	Biaya per Tahun
Alumunium foil cup	2	pak	100,000	200,000
Bahan nutrisi untuk artificial water	2	set	420,000	840,000
Kertas filter, Whatmann	1	pak	450,000	450,000
COD vial test reagent, Hanna	2	box	1,500,000	3,000,000
Nitrat vial test, Hanna	1	box	2,120,000	2,120,000
Nitrit vial test, Merk	1	box	2,450,000	2,450,000
NH3 test, Hanna	1	box	1,600,000	1,600,000
Cartridge Printer, PG 810	2	pcs	270,000	540,000
Cartridge Printer, CL 811	2	pcs	450,000	900,000
ATK, fotocopy	1	paket	500,000	500,000
Hak Cipta	1	paket	500,000	500,000
Publikasi, jurnal	1	paket	3,000,000	3,000,000
Paten sederhana	1	paket	3,500,000	3,500,000
DO test kit Hanna	1	set	2,550,000	2,550,000
Prototype MBBR-PU Foam, Volume 5 M3/hari	1	paket	20,000,000	20,000,000
Subtotal (Rp)				42,150,000
3. Perjalanan				
Material	Justifikasi	Kuantitas	Harga satuan	Biaya per Tahun
Subtotal (Rp)				
4. Peralatan penunjang Penelitian				
Material	Justifikasi	Kuantitas	Harga satuan	Biaya per Tahun
COD reactor (sewa)	1	set	2,000,000	2,000,000
Spektrofotometer (sewa)	1	set	2,000,000	2,000,000
pH probe elektrode, Hanna	1	set	650,000	650,000
Mikropipet, DragonLab 5 - 50 mikroliter	1	set	800,000	800,000
Analisa COD	60	sample	150,000	9,000,000
Analisa BOD	60	sample	150,000	9,000,000
Analisa diclofenas, ibuprofen & trimethropim	18	sample	400,000	7,200,000
Analisa SEM	8	sample	500,000	4,000,000
Subtotal (Rp)				34,650,000
TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN SETIAP TAHUN (Rp)				90,000,000
Sembilan Puluh Juta Rupiah				

LAMPIRAN 2

DUKUNGAN SARANA – PRASARANA

1. Perguruan Tinggi Tim Peneliti

Fasilitas yang dibutuhkan untuk penelitian ini yang telah tersedia di Perguruan Tinggi tim peneliti meliputi:

- Laboratorium kimia sebagai tempat penelitian sistem *batch*
- Sarana laboratorium seperti oven, glass ware, spektrofotometer UV, timbangan analitik, COD reaktor, *centrifuge*, lemari pendingin, watermantle heater

Fasilitas yang dibutuhkan oleh penelitian ini yang tidak tersedia di Perguruan Tinggi Tim peneliti meliputi:

- HPLC MS/MS, untuk mengatasi tidak tersedianya peralatan tersebut, tim peneliti menganggarkan pemeriksaan sample di laboratorium lain, yaitu di UPL Farmasi Unair dan Lab. Farmasi Universitas Surabaya
- SEM, untuk mengatasi tidak tersedianya peralatan tersebut, tim peneliti menganggarkan pemeriksaan sample di laboratorium lain, Laboratorium material di Departemen Teknik Material ITS.

2. Institusi Peneliti Mitra (RSUD Kabupaten Sidoarjo)

Fasilitas yang dibutuhkan untuk penelitian ini yang telah tersedia di Institusi Peneliti Mitra:

- Tempat/lokasi untuk meletakkan *prototype*
- Tenaga untuk pengambilan sample dan monitoring instalasi
- Air baku penelitian yang tersedia terus menerus.
- Ruang untuk diskusi

Fasilitas yang dibutuhkan oleh penelitian ini yang tidak tersedia di Institusi Peneliti Mitra:

- Wadah penyimpan sample,
- Box pendingin

untuk mengatasi tidak tersedianya peralatan tersebut, tim peneliti menganggarkan pembelian beberapa macam test kit yang dibutuhkan sehingga sample bisa langsung dianalisa di lapangan

Lampiran 3, Susunan Organisasi dan pembagian Tugas Tim Peneliti

No.	Nama	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1.	Dr. Ir. Iva Rustanti Eri W, MT 196909171995022001	Poltekkes Kemenkes Surabaya	Kesehatan Lingkungan (Air Bersih dan Limbah Cair)	15	- Mempersiapkan semua kebutuhan penelitian - Mengkoordinir tim dalam pelaksanaan penelitian - Menyusun rancangan dan hasil akhir luaran penelitian - Melakukan analisis data - Menyusun laporan progress penelitian/ laporan akhir penelitian - Menyusun luaran Penelitian
2.	Darjati, SKM, MPd 195812051986032002	Poltekkes Kemenkes Surabaya	Kesehatan Lingkungan (Sampah & Dasar Teknik)	15	- Membantu ketua tim peneliti dalam pelaksanaan penelitian - Bertanggung jawab pada pengambilan sample penelitian Tahap I dan II, serta analisis kimia sesuai pedoman yang ditentukan oleh ketua peneliti - Membantu menyusun laporan bersama tim - Membantu menyusun luaran penelitian
3.	Tri Wahyuningsih	RSUD Kabupaten Sidoarjo, Instalasi Pengolahan Limbah	Air Limbah RS	10	- Membantu ketua tim peneliti dalam pelaksanaan penelitian - Bertanggung jawab pada proses penelitian Tahap II, kondisi operasional prototype di lapangan, sesuai pedoman yang ditentukan oleh ketua peneliti - Membantu menyusun laporan bersama tim - Membantu menyusun luaran penelitian

LAMPIRAN 4

BIODATA KETUA PENELITIAN

A. Data Pribadi

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Ir. Iva Rustanti Eri, MT
	Jenis Kelamin	Perempuan
2	Jabatan Fungsional	Lektor
3	NIP	196909171995022001
4	NIDN	4017096901
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 17 September 1969
6	E-mail	ivarust.eri@gmail.com
7	Nomor telepon/HP	081231304567
	Alamat Kantor	Jl. Pucang Jajar 56 Surabaya
	Nomor telepon/Fax	0315020696 / 0315026953
	Lulusan yang telah dihasilkan	Mahasiswa DIII dan D IV
	Mata kuliah yang diampu	1. Penyediaan Air Bersih
		2. Pengolahan Limbah Cair
		3. -

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama PT	ITS Surabaya	ITS Surabaya	ITS Surabaya
Bidang Ilmu	Teknik Kimia	Teknik Lingkungan	Teknik Lingkungan
Tahun masuk-lulus	1986-1991	2007 - 2010	2014 - 2018

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2017	Clarification of Pharmaceutical Waste water with MBBR	Gusse Strategic Indonesia	25.000.000,-
2	2016	Design Processing of seaweed industry wastewater using activated sludge in alkaline and high salt condition	Gusse Strategic Indonesia	25.000.000,-
3	2015	Water recycle plant design at Islamic School	Al Hikmah Foundation	98.000.000,-
4	2014	Clean water mini plant design in the coastal area	CSR of Astra International	75.000.000,-

D. Penelitian / Publikasi 5 tahun terakhir

No.	Judul	Publikasi	Vol/Nomor/Tahun
1	<i>Clarification of Pharmaceutical Wastewater with Moringa oleifera, Optimization Through Response Surface Methodology</i>	Journal of Ecological Engineering	Vol. 19/Issue 3/ Maret 2018
2	<i>Protective effect of ethanol extract of mangosteen (Garcinia mangostana L) pericarp against lead acetate induced hepatotoxicity in mice</i>	International Journal of Current Research	Vo. 7/issue 02/ Februari 2015

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Tahun	Waktu dan Tempat
1	Penyediaan Air Bersih di Fasyankes pada Workshop Tenaga Fungsional Fasyankes	2014	RSUD Dr. Soetomo
2	Penyediaan Air Bersih di Fasyankes pada Workshop Tenaga Fungsional Fasyankes	2015	RSUD Dr. Soetomo
3			

F. Karya Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

G. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir

No.	Judul/ Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	Ekstrak biji Moringa oleifera dan metode pembuatannya	23 Mei 2018	Paten Sederhana Non UMKM	SID201803805
2				

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam penelitian dosen kerjasana dalam negeri

Surabaya, 19 Desember 2018
Ketua Peneliti

Dr. Ir. Iva Rustanti Eri, MT
NIP. 196909171995022001

BIODATA ANGGOTA PENELITI

A.Data Pribadi

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Darjati, SKM.,M.Pd.
	Jenis Kelamin	Perempuan
2	Jabatan Fungsional	Pembina/ IV a
3	NIP	195812051986032002
4	NIDN	4005125801
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 5 Desember 1958
6	E-mail	
7	Nomor telepon/HP	
	Alamat Kantor	Jl. Pucang Jajar Timur I-4 Surabaya
	Nomor telepon/Fax	
	Lulusan yang telah dihasilkan	
	Mata kuliah yang diampu	1.Dasar Teknik
		2.Penyehatan Tanah
		3.Pengelolaan Sampah Padat

B.Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama PT	Univ. Airlangga	Univ. Adhi Buana IKIP PGRI	-
Bidang Ilmu	Kesehatan Lingk.	Tek. Pendidikan	-
Tahun masuk-lulus	1998-2000	2003-2005	-

C.Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2018	Mussel Shell Powder as Bio-adsorbent of Heavy Metals in Water	Dipa Poltekkes	5.000.000,-
2	2017	Pengaruh diameter kulit kerang dalam menurunkan kekeruhan air sungai kali lamong	Dipa Poltekkes	Mahasiswa
3	2016	Serbuk kulit kupang sebagai pengawet alami ikan Tongkol	Dipa Poltekkes	5.000.000,-
4	2015	Pemanfaatan Air kelapa dalam pemulihan fisik tenaga kerja terpapar panas	Dipa Poltekkes	5.000.000,-
5	2014	Analisis Tb di Indonesia dengan Metode DOT'S	Dipa Poltekkes	5.000.000,-
6	2013	Distribusi Leptospirosis di kabupaten Sampang	Dipa Poltekkes	5.000.000,-

D. Penelitian / Publikasi 5 tahun terakhir

No.	Judul	Publikasi	Vol/Nomor/Tahun
1	Mussel Shell Powder as Bio-adsorbent of Heavy Metals in Water	Jurnal of Health Nations	Vol. 2 Number 1 Januari 2018
2	Pengaruh diameter kulit kerang dalam menurunkan kekeruhan air sungai kali lamong	Jurnal of Global Health Science	Vol.2 Issue 4 Desember 2017
3	Pemanfaatan Air kelapa dalam pemulihan fisik tenaga kerja terpapar panas	Journal of Natural Sciences Research	Vol. 6

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Tahun	Waktu dan Tempat
1			
2			
3			

F. Karya Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1				
2				
3				

G. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir

No.	Judul/ Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1				
2				
3				

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam penelitian dosen kerjasana dalam negeri

Surabaya, 19 Desember 2018
Anggota Peneliti

Darjati, SKM, M.Pd
NIP. 195812051986032002

BIODATA ANGGOTA PENELITI

A.Data Pribadi

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Tri Wahyuningsih, A.Md
	Jenis Kelamin	Perempuan
2	Jabatan Fungsional	Kepala Instalasi Limbah RSUD Kab.Sidoarjo
3	NIP	198009122009022006
4	NIDN	-
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 12 September 1980
6	E-mail	tri_wahyu5598@yahoo.com
7	Nomor telepon/HP	081235876153
	Alamat Kantor	RSUD Kabupaten Sidoarjo, Jl. Mojopahit No. 667 Sidoarjo
	Nomor telepon/Fax	(031)8961649
	Lulusan yang telah dihasilkan	-
	Mata kuliah yang diampu	1.-
		2.
		3.

B.Riwayat Pendidikan

	D3	S1	S2
Nama PT	Akademi Kesehatan Lingkungan Surabaya		-
Bidang Ilmu	Kesehatan Lingk.		-
Tahun masuk-lulus	1999 - 2001		-

C.Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam penelitian dosen kerjasana dalam negeri

Surabaya, 19 Desember 2018
Anggota Peneliti

Tri Wahyuningsih, Amd.KL
NIP. 198009122009022006

LOG BOOK
KEGIATAN PENELITIAN

LAMPIRAN 5

MOU

BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

4.1. Biaya

Tabel 4.1. Anggaran Biaya Penelitian Kerjasama Dalam Negeri

No	Jenis Pengeluaran	Biaya Yang Diusulkan (Rp)
1.	Honorarium untuk pelaksana, petugas laboratorium, pengumpul data, pengolah data, penganalisis data, honor operator, dan honor pembuat sistem (maks.30%)	13.200.000,-
2.	Pembelian bahan habis pakai untuk ATK, fotocopy, surat menyurat, penyusunan laporan, cetak, penjilidan laporan, publikasi, pulsa, internet, bahan laboratorium, langganan jurnal (maksimum 60%)	42.150.000,-
3.	Perjalanan untuk biaya survei/sampling data seminar/workshop, biaya akomodasi-konsumsi, perdiem/lumpsum, transport (maksimum 40%)	-
4.	Sewa untuk peralatan/mesin/ruang laboratorium, kendaraan, kebun percobaan, peralatan penunjang penelitian lainnya (maksimum 40%)	34.650.000,-
TOTAL		90.000.000,-
Sembilan Puluh Juta Rupiah		

4.2. Jadwal Penelitian

Tabel 4.2. Jadwal Kegiatan Penelitian Kerjasama Dalam Negeri

No	Jenis Kegiatan	6 Bulan ke-1						6 Bulan ke-2					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengambilan sample air limbah RS	■											
2	Uji analisa kualitas air limbah RS	■	■										
3	Pembelian bahan-bahan kimia		■	■									
4	Perakitan Prototype MBBR			■	■								
5	Pelaksanaan Penelitian Tahap I			■									
6	Pelaksanaan penelitian Tahap II				■	■	■	■	■				
7	Analisis Data				■	■	■	■	■	■	■		
8	Publikasi internasional, Submit					■					■		
9	Hak Cipta							■					
10	Paten sederhana, usulan									■			
11	Penyusunan Laporan				■	■	■	■	■	■	■	■	

