

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia terikat untuk mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development*) secara global, sebagaimana rekomendasi pada KTT Bumi di Johannesburg Tahun 2000, dimana salah satu sarasannya adalah bidang penyediaan air minum dan sanitasi. Selain itu, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengamanatkan tentang pembangunan berkelanjutan. Menurut undang-undang tersebut, Pembangunan Berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 merupakan tahapan ketiga dari Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2005-2025 yang telah ditetapkan melalui Undang-undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang RPJP. RPJMN 2015-2019 disusun sebagai penjabaran dari Visi, Misi, dan Agenda (*Nawa Cita*) dengan menggunakan rancangan teknokratik yang telah disusun oleh Bappenas serta berpedoman pada RPJPN 2005-2025. RPJMN 2015-2019 adalah pedoman untuk menjamin pencapaian visi dan misi RPJMN sekaligus untuk menjaga konsistensi arah pembangunan nasional dengan

tujuan yang ada di dalam Konstitusi Undang Undang Dasar 1945 dan RPJPN 2005–2025. Untuk menuju sasaran jangka panjang dan tujuan hakiki dalam membangun, pembangunan nasional Indonesia lima tahun ke depan perlu memprioritaskan pada upaya mencapai kedaulatan pangan, kecukupan energi dan pengelolaan sumber daya maritim dan kelautan. Pembangunan lima tahun ke depan juga harus makin mengarah kepada kondisi peningkatan kesejahteraan berkelanjutan, warganya berkepribadian dan berjiwa gotong royong, masyarakatnya memiliki keharmonisan antar kelompok sosial, dan postur perekonomian makin mencerminkan pertumbuhan yang berkualitas, yakni bersifat inklusif, berbasis luas, berlandaskan keunggulan sumber daya manusia serta kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi sambil bergerak menuju kepada keseimbangan antar sektor ekonomi dan antar wilayah, serta makin mencerminkan keharmonisan antara manusia dan lingkungan. Keharmonisan manusia dan lingkungan bisa dicapai jika kualitas lingkungan terjaga dengan baik.

Kualitas lingkungan termasuk di dalamnya pengelolaan air limbah bisa terjaga dengan baik dibutuhkan peran serta dari masyarakat dan pemerintah. Menurut Undang-undang Nomor 23 Tahun 2014 Tentang Pemerintahan Daerah, dijelaskan bahwa pengelolaan air limbah termasuk dalam urusan wajib Pemerintah Daerah dan merupakan pelayanan dasar bagi masyarakat. Selanjutnya merujuk pada Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2015 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015–2019 juga menyatakan pencapaian universal akses sanitasi pada tahun 2019. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No.

04/PRT/M/2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Air Limbah Domestik pasal 9 Bagian kedua SPALD-S Komponen SPALD-S terdiri atas Sub sistem Pengolahan setempat, Sub sistem Pengangkutan dan Sub sistem pengolahan lumpur tinja. Menurut peraturan tersebut salah satu cara pengolahan air limbah domestik dilakukan dengan menerapkan sistem pengolahan secara biologis. Salah satu contoh sistem pengolahan air limbah domestik secara biologi yaitu dengan teknologi biofilter atau biofilm.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2008 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah Permukiman (KNSP-SPALP), dalam rangka penyehatan lingkungan permukiman yang berkelanjutan dan peningkatan derajat kesehatan masyarakat Indonesia perlu dilakukan pengembangan sistem pengelolaan air limbah permukiman yang ramah lingkungan sehingga masyarakat dapat menjadi lebih produktif. Upaya mewujudkan situasi dan kondisi permukiman sehat yang disepakati dalam KTT Milenium PBB bulan September 2000, diperlukan rencana, program, dan pelaksanaan kegiatan yang terpadu, efisien, dan efektif. Oleh karena itu diperlukan kebijakan dan strategi nasional pengembangan sistem pengelolaan air limbah permukiman atau limbah domestik.

Pengelolaan air limbah domestik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang ada di kawasan perkotaan. Kota Semarang yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia juga mempunyai permasalahan dalam pengelolaan air limbah domestik. Menurut Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Semarang (2017), jumlah penduduk Kota Semarang sebesar 1,658,552

jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk 4.402 jiwa/km². Jumlah penduduk dengan tingkat kepadatan yang cukup tinggi tersebut memerlukan sistem pengelolaan air limbah yang terintegrasi. Beberapa permasalahan pengelolaan air limbah domestik di Kota Semarang antara lain: regulasi tentang pengelolaan air limbah domestik sudah ada tetapi implementasi di lapangan belum optimal; fasilitas pengelolaan air limbah domestik perpipaan skala kota belum terbangun; sistem pengelolaan limbah cair domestik individual (*on site treatment*) atau semi komunal masih kurang memadai; cakupan pelayanan jaringan pengelolaan air limbah domestik sangat terbatas; lokasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) berdekatan dengan laut sehingga air laut sering masuk ke tempat pengolahan lumpur tinja; dan kesadaran warga akan pentingnya pengelolaan air limbah domestik masih rendah.

Menurut laporan Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang (2013), sebagian besar parameter polutan dari sungai yang melewati daerah pemukiman di Kota Semarang sudah melebihi baku mutu air bagi peruntukan air sungai Kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomer 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan dan Pengendalian Kualitas Air. Parameter polutan yang ada di dalam air limbah domestik antara lain COD, BOD, TSS, Amoniak, Nitrat, Nitrit, Phospat dan polutan lain. Sungai-sungai dengan parameter melebihi baku mutu tersebut antara lain Sungai Plumbon Hilir di Jl. Kyai Gilang Mangkang Kulon dengan BOD₅ 5 mg/l, Sungai Plumbon Hulu di Plumbon Kidul Wonosari dengan BOD₅ 11 mg/l dan COD 46,15 mg/l, Sungai Beringin Hulu di Jembatan Beringin dengan BOD₅

18 mg/l dan COD 92.31 mg/l, Sungai Beringin Hilir di Mangunharjo dengan BOD₅ 20 mg/l dan COD 100 mg/l.

Kajian tentang pengelolaan dan pengolahan air limbah domestik di Kota Semarang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Syafrudin (2013) melaporkan bahwa konsentrasi COD dan BOD₅ air limbah domestik di Kelurahan Gabahan Kecamatan Semarang Tengah masing-masing sebesar 330,75 -1400 mg/l dan 125 mg/l-673 mg/l, sedangkan di Perumahan Bukit Semarang Baru Kota Semarang sebesar 29,90 mg/l - 83,40 mg/l dan 11-41,88 mg/l. Sumiyati dkk (2012) menunjukkan bahwa konsentrasi BOD dan COD pada limbah domestik di Perumahan Tlogosari Kota Semarang sebesar 190 mg/l dan 654,67 mg/l sedangkan menurut Sihotang (2012) konsentrasi amoniak di lokasi tersebut sebesar 5,16 mg/l. Sudarno dkk (2013) menunjukkan bahwa konsentrasi TSS di Sungai Krengseng yang melewati Kecamatan Banyumanik dan Kecamatan Tembalang Kota Semarang berkisar antara 20-300 mg/l, COD antara 28-285 mg/l dan DO antara 1,04-9,32 mg/l. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar lokasi pengukuran menunjukkan konsentrasi yang melebihi Mutu Air Kelas II.

Air limbah domestik apabila tidak dikelola dengan baik dan benar akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Menurut Nadayil (2015), air limbah domestik mengandung berbagai macam polutan. Keberadaan polutan yang berlebihan di dalam air limbah domestik akan berdampak pada penurunan kualitas air tanah, sumber-sumber air. Selain itu dampak yang lebih berbahaya apabila air limbah domestik yang mencemari sumber air yang langsung

dikonsumsi oleh manusia, akibatnya akan berdampak buruk pada keberlangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Berbagai polutan yang terdapat pada air limbah domestik antara lain: berbagai macam mikroorganisme, senyawa organik baik yang bisa terurai (*bio-degradable organic compounds*) maupun yang tidak bisa terurai (*non bio-degradable organic compounds*), bau (*odours*), pH tinggi (*high pH levels*), logam berat (*metals*), suhu yang tinggi (*high temperature levels*) dan sebagainya. Air limbah domestik mempunyai kandungan bahan pencemar yang membahayakan bagi lingkungan, baik tanah, air dan udara maupun makhluk hidup lainnya. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya pada sumber air baku untuk air minum, baik air permukaan maupun air tanah. Keberadaan BOD, COD, TSS dan Amoniak dengan konsentrasi tinggi di badan air dapat menimbulkan kondisi *anoksic* dan *septic*. Kondisi anoksik dengan konsentrasi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) rendah berdampak pada timbulnya pencemaran bau, akibat lebih jauh akan menyebabkan kematian organisme yang ada di badan air. Selain itu konsentrasi amoniak yang melebihi batas baku mutu dapat memicu terjadinya proses pertumbuhan tidak terkendali (*eutrofikasi*) di dalam badan air.

Melihat permasalahan yang ada maka diperlukan suatu teknologi pengolahan air limbah domestik yang dapat mereduksi kadar polutan yang terkandung di dalamnya. Teknologi pengolahan limbah domestik yang dilakukan saat ini antara lain *Rotating Biological Contactor (RBC)*, *Constructed Wetland (CW)*, *Fluidized Bed*, *Anaerobic Baffled Methane Fermentation Tank (ABMFT)*,

Anaerobic Baffled Reactor (ABR), lumpur aktif (*Activated Sludge*) dan UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blangket*). Teknologi tersebut memiliki kelemahan antara lain banyaknya lumpur yang dihasilkan dan timbulnya bau (Jeong, *et al.*, 2013). Teknologi tersebut juga tidak murah, tidak mudah operasionalnya, membutuhkan lahan yang luas serta energi yang dibutuhkan besar sehingga diperlukan teknologi yang lebih efisien. Teknologi yang sifatnya sederhana, berbiaya murah serta mudah operasionalnya salah satu contohnya adalah teknologi biofilm. Selain berbiaya murah dan mudah pengoperasionalannya, teknologi biofilm mempunyai beberapa kelebihan antara lain: media biofilter bisa digunakan dalam waktu yang lama tanpa regenerasi Chaudhary *et al.*, (2003), lumpur yang dihasilkan sedikit (Herlambang dkk., 2002), dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi pencemar yang sangat rendah dan tinggi, lebih tahan terhadap kondisi lingkungan, menghasilkan aktivitas biodegradasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pertumbuhan tersuspensi (Brault 1991), menghasilkan efisiensi perombakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan sistem pertumbuhan tersuspensi (Sastrawidana, 2010), teknologi biofilm bisa dikombinasikan dengan teknologi yang lain serta tidak membutuhkan lahan yang luas.

Menurut Posadas, *et al.*, (2014), teknologi biofilm mampu menurunkan zat organik berupa karbon, nitrogen dan fosfor berturut-turut sebesar 89%, 92% dan 96%. Hao, *et al.*, (2014) melaporkan bahwa teknologi biofilm mampu menurunkan kandungan nitrat pada air limbah dari *Waste Water Treatment Plant (WWTP)* sebesar 98%. Menurut Karadag, *et al.*, (2015) pengolahan limbah

dengan menggunakan teknologi biofilm dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 85%. Hasil penelitian Herlambang, dkk., (2010) menunjukkan bahwa teknologi biofilm dapat mereduksi COD sampai 70%. Wei, *et al.*, (2008) melakukan pengolahan limbah simulasi dengan penurunan nitrogen dan pospos dengan algal biofilm. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan TP (*Total Phospor*) 98.17%, TN 86.58%, ammonia nitrogen (NH₃-N) 91.88% dan COD 97.11%. Penerapan teknologi biofiltrasi pada pengolahan limbah RPH yang dilakukan oleh Sadmoko, dkk., (2006) menunjukkan efisiensi penurunan COD, BOD dan TSS masing-masing sebesar 86,52%, 88,79% dan 94,1%.

Aplikasi teknologi biofilm ada tiga macam yaitu aerob, anaerob dan kombinasi anaerob-aerob. Widayat, *et al.*, (2005) melakukan pengolahan limbah rumah sakit dengan teknologi anaerob-aerob, hasilnya dapat menurunkan konsentrasi COD dari 170 mg/l menjadi 30 ml/l, BOD dari 100 mg/l menjadi 12 mg/l, zat padat tersuspensi dari 150 mg/l menjadi 2 mg/l, amoniak dari 0,46 mg/l menjadi 0,00003 mg/l dan deterjen (MBAS) dari 2,56 mg/l menjadi 0,398 mg/l. Teknologi biofilm baik yang anaerob maupun aerob menggunakan media biofilter. Berbagai macam media biofilter yang biasa diaplikasikan antara lain kerikil, *bioball*, *bioring*, pecahan tembikar dan kulit kerang. Penelitian Sabbah, *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa matrik tuff dari gunung berapi mempunyai kemampuan untuk menurunkan kadar amoniak pada limbah cair.

Aplikasi teknologi biofilm melalui tiga tahapan dalam prosesnya. Tahapan tersebut yaitu *seeding*, aklimatisasi dan *running*. Beberapa penelitian yang terkait dengan proses pada tahapan pengolahan menggunakan teknologi biofilm antara

lain Said (2010) dengan waktu aklimatisasi kurang lebih 14 hari, sedangkan Shahmansouri, *et al.*, (2005) juga melaporkan bahwa proses aklimatisasi pada pengolahan air limbah dengan teknologi biofilm yang dilakukannya membutuhkan waktu selama 10 hari.

Penelitian ini menggunakan limbah domestik asli maupun buatan (*artificial domestic wastewater*). Air limbah domestik asli digunakan pada penelitian pendahuluan dan lanjut (inti) sedangkan limbah artifisial digunakan pada penelitian lanjut. Penggunaan limbah artifisial dalam penelitian ini akan mempermudah dalam mengatur konsentrasi pencemar yang ada di dalam air limbah. Beberapa peneliti terdahulu yang menggunakan limbah artifisial, antara lain Munoz, *et al.*, (2016), Aydin, *et al.*, (2016) dan Kim, *et al.*, (2015).

Proses dalam penelitian ini menggunakan penambahan bioaktivator yang dilakukan pada proses *seeding* dan aklimatisasi. Tujuan penambahan bioaktivator adalah untuk mempercepat terbentuknya lapisan biofilm pada permukaan media biofilter sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengolah air limbah domestik menjadi lebih singkat. Bioaktivator yang digunakan adalah berupa cairan yang dibuat dari limbah dapur yang difermentasi selama 14 hari. Bioaktivator yang dibuat dari limbah dapur disebut Mikroorganisme Lokal yang selanjutnya disingkat MOL. Penambahan bioaktivator MOL bertujuan untuk mempercepat terbentuknya lapisan biofilm sehingga proses penguraian parameter pencemar di dalam air limbah domestik semakin cepat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada kondisi riil di lapangan, dengan skala dan volume air limbah yang lebih besar serta konsentrasi tinggi dan jumlah parameter polutan banyak.

B. Rumusan Masalah

Pemilihan teknologi yang sesuai dengan karakteristik limbah domestik saat ini masih mengalami banyak kendala terutama kendala teknis dan standar yang ada sehingga dibutuhkan waktu yang lama untuk menyisihkan parameter pencemar dalam air limbah. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah karakteristik awal air limbah domestik asli di Kota Semarang?
2. Apakah pemberian bioaktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal dapat mempercepat terbentuknya biofilm sehingga waktu aklimatisasi lebih cepat?
3. Bagaimanakah pengaruh penambahan bioaktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal terhadap penyisihan konsentrasi BOD, COD, TSS, Amonium pada limbah domestik?

C. Orisinalitas

Beberapa penelitian air limbah dengan teknologi biofilm masih membutuhkan waktu aklimatisasi yang lama. Oleh karena itu pada proses aklimatisasi diperlukan penambahan mikroorganisme yang berfungsi sebagai aktivator pembentukan biofilm. Beberapa penelitian yang menggunakan bioaktivator pabrikan antara lain Pitriani (2015), Priya, *et al.*, (2015), Safwat, *et al.*, (2018), Ikhlas (2013) dan Sumiyati, dkk., (2014).

Penelitian yang terkait penggunaan teknologi biofilm dengan penambahan bioaktivator dari bahan limbah belum penulis temukan, khususnya penelitian yang mengkaji penambahan bioaktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal. Orisinalitas dari penelitian ini berupa pengkajian dari pengaruh penambahan Mikroorgaisme Lokal (MOL) yang berasal dari limbah dan Lumpur IPAL Komunal untuk membantu mempercepat penyisihan parameter pencemar yang terkandung dalam air limbah domestik.

D. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengkaji pengolahan air limbah domestik di Kota Semarang dengan penerapan teknologi biofilm menggunakan media kerikil dengan penambahan bioaktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal.

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis karakteristik awal air limbah domestik asli
- 2) Menganalisis pengaruh pemberian bioktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal terhadap lamanya waktu aklimatisasi.
- 3) Menganalisis pengaruh penambahan bioaktivator MOL dan Lumpur IPAL Komunal terhadap penyisihan konsentrasi BOD, COD, TSS dan Amonium pada air limbah domestik.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Bahan penelitian atau obyek yang diteliti pada penelitian ini menggunakan limbah asli dan artifisial. Parameter pencemar yang dikaji dalam penelitian ini adalah konsentrasi BOD, COD, TSS dan Amonium. Parameter-parameter ini dipilih karena tercantum di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik dan keberadaannya sering melebihi baku mutu. Untuk parameter minyak, lemak, deterjen (MBAS), Coliform, dan pospat dikaji berdasarkan studi literatur. Uji mikrobiologi yang dilakukan hanya sebatas menghitung jumlah mikroorganisme baik yang ada di dalam air limbah, MOL maupun Lumpur IPAL Komunal. Selain itu kajian pencemaran limbah domestik dalam penelitian ini juga dibatasi permasalahan terkait air limbah domestik di Kota Semarang.

F. Kebaruan Penelitian (*Noveltis*)

Kebaruan penelitian ini berkaitan dengan metode yang digunakan pada proses penelitian. Penelitian ini menggunakan penambahan bioaktivator dalam proses pengolahan limbah domestik. Penambahan bioaktivator pada penelitian ini dilakukan pada tahap *seeding* dan aklimatisasi. Tujuan dari penambahan bioaktivator ini adalah untuk memperpendek waktu penguraian senyawa organik yang terkandung dalam air limbah domestik. Kebaruan yang lain dari penelitian ini yaitu penggunaan bioaktivator bahannya dari limbah dapur. Selama ini belum ada penelitian yang mengangkat topik pengolahan limbah domestik dengan metode penambahan bioaktivator menggunakan bahan lokal yang berupa limbah

dapur dan lumpur IPAL Komual. Beberapa penelitian dengan topik pengolahan air limbah menggunakan teknologi biofilm tetapi tidak dengan penambahan bioaktivator. Peneliti-peneliti tersebut antara lain Sabbah, *et al.*, (2013), Munoz, *et al.* (2016), Aydin, *et al.*, (2016) dan Kim, *et al.*, (2015).

Beberapa peneliti menggunakan penambahan bioaktivator tetapi berasal dari pabrikan, bukan dari hasil pembuatan sendiri. Peneliti tersebut antara lain Pitriani (2015), Ikhlas (2013) dan Sumiyati, dkk., (2014). Penelitian ini menggunakan penambahan bioaktivator pada proses seeding dan aklimatisasinya. Bioaktivator yang digunakan bersifat alami dan buatan. Bioaktivator yang bersifat alami diambil dari Lumpur IPAL Komunal. Sementara itu bioaktivator yang sifatnya buatan berasal dari limbah dapur yang diproses secara fermentasi selama 14 hari, yang disebut Mikroorganisme Lokal (MOL). Kebaruan dari penelitian ini antara lain:

1. Penggunaan Kerikil Vulkanik Merapi untuk mengolah air limbah domestik
2. Penggunaan bioaktivator untuk mempercepat waktu pengolahan limbah
3. Penggunaan MOL dari bahan-bahan limbah dapur yang tidak dimanfaatkan
4. Desain dari penelitian ini menggunakan kombinasi reaktor anaerob dan aerob

Beberapa peneliti terdahulu yang sudah melakukan penelitian dengan menggunakan teknologi biofilm disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. PENELITIAN TERDAHULU

No.	Nama	Sumber Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
1	Sheng Chena, Dezhi Suna, Jong-Shik Chunga	Journal of Hazardous Materials 144 577–584 Tahun: 2007	Treatment of Pesticide Wastewater by Moving-Bed Biofilm Reactor Combined With Fenton-Coagulation Pretreatment	Air limbah pestisida diperoleh dari salah satu pabrik yang berada di Hebei Province, North of China. Pabrik tersebut memproduksi berbagai macam pestisida jenis organophosphorous, diantaranya Phorate ($C_7H_{17}O_2PS_3$), Terbufos ($C_9H_{21}O_2PS_3$), parathion-methyl and phoxim. Proses yang ada di setting dengan Hybrid process, pretreatment menggunakan Oksidasi Fenton (Fenton's Oxydation), baru diikuti proses secara biologi MBBR.	Efisiensi penurunan COD dapat mencapai sukses ketika fraksi volume bio-carrier dijaga lebih besar dari pada 20% dengan feeding pada pre-treatment air limbah mengandung 3000 m /L di inlet dengan HRT satu hari, tetapi efisiensi penurunan COD terlihat nyata ketika terjadi penurunan volume 10%, hanya 72% saja.
2	Achak, Mandi, Ouazzani	Journal of Environmental Management 90 2771–2779 Tahun: 2009	Removal of Organic Pollutants and Nutrients from Olive Mill Waste Water by a Sand Filter	Reaktor terbuat dari pipa PVC berbentuk kolom diisi sand filter yang terdiri dari 50 cm pasir 10 cm kerikil yang ditempatkan di bagian atas dan bawah filter. Alimentation (4 cm/day) was done sequentially following a 1 day wet/3 days dry cycle. Effluent OMW sangat asam dengan pH 4,12 dan konsentrasi senyawa phenol sangat tinggi (7.2 g/L) dan total COD sebesar 65 g/L. Perkolasi pengenceran OMW melalui sand filter berada pada pH 4,84 sampai 8,25 dan pengurangan TSP sebesar 90%.	Pengolahan dengan sand filter bisa mereduksi senyawa organik COD sebesar 90%, senyawa phenol 91% Kjeldahl-Nitrogen 91%, Amonia-nitrogen 97%, Nitrat-nitrogen 99% dan 99% phosphat.

No	Nama	Sumber / Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
3	Xiao Liua, Chunjuan Dongc	Systems Engineering Procedia 1 99–105 International Conference on Risk & Engineering Management Tahun: 2011	Simultaneous COD and Nitrogen Removal in a Micro-Aerobic Granular Sludge Reactor for Domestic Wastewater Treatment	Bioreaktor dengan volume 18 L dan kolom eksternal aerasi (external aeration column) dengan volume efektif 8 L. Bioreaktor tersusun dari: bagian reaksi (reaction part), tinggi 1,8 m, Diameter 0,1m, tinggi gas solid liquid separator 0,5 m, I.D 0,14m.	Efisiensi penurunan Total Nitrogen (TN) mencapai 82% dan konsentrasi NH ₄ +N dan TN pada effluen 5,5 mg/L dan 8,2 mg/L. Terjadi peningkatan sludge dan granular filamentous pada SLR sebesar 0,18 kg COD/kg MLSS.
4	Dahu Ding, Chuanping Feng, Xiao Jin, Chunbo Hao, Ying Xin Zhao, Takashi Suemura	Desalination 276 260–265 Tahun: 2011	Domestic Sewage Treatment in a Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) With an Intelligent Controlling System	Tiga prosedur yang digunakan: pengisian (fill=instan), react (7 jam) dan mengambil (draw) selama 10 menit. Reaktor skala lab dengan dimensi 40 x 25 x 30 cm (LxWxH) dan volume kerja/efektif 20 L terbuat dari Polymethyl Methacrylate, karena tidak mudah pecah dan terbentuknya biofilm mudah diamati.	Performa SBBR stabil pada HRT 7 jam, efisiensi penurunan NH ₃ -N, TP & COD mencapai 99%, 100% dan 96%. SBBR dengan kontrol ICS bisa mengurangi HRT dan total waktu aerasi 56% dan 50% dibandingkan SBBRs konvensional.

5	Dewa Ketut Sastrawidana dan Nyoman Sukarta	Jurnal Sains dan Teknologi ISSN: 2303-3142 Vol. 2, No. 1, April 2013 Tahun: 2013	Uji Coba Teknologi Biofilm Konsorsium Bakteri Pada Reaktor Semianaerob-Aerob Untuk Pengolahan Air Limbah di Industri Pencelupan Tekstil Skala Rumah Tangga	Bakteri pengolah limbah tekstil diisolasi dari lumpur limbah tekstil. Sistem yang digunakan adalah semi anaerob-aerob. Konsorsium bakteri pada bak semi anaerob terdiri dari Aeromonas sp., Pseudomonas sp. dan Flavobacterium sp. Pada bak pengolah aerob terdiri dari Plesiomonas sp., Vibrio sp., dan Enterobacter sp. Reaktor semianaerob-aerob terdiri dari 3 bak, yaitu bak pengisi, bak pengolah semianaerob dan bak pengolah aerob. Masing-masing unit bak berdimensi 1,5 m x 1,5 m x 2 m.	TSS, BOD dan COD secara berturut-turut sebesar 84,7%; 80,56% dan 90,40%. Beberapa nilai parameter kualitas air limbah tekstil sebelum dilakukan pengolahan berada di atas standar baku mutu yang dipersyaratkan dalam KepMen LH No. 51/MENLH/10/1995.
6	Sabbah Baransia, Massalha Dawasa, Saadic, Nejidat	Ecological Engineering 53 354– 360 Tahun: 2013	Efficient Ammonia Removal from Wastewater by a Microbial Biofilm in Tuff-Based Intermittent Biofilters	Limbah domestik dikumpulkan dari inlet WWTP di Sakhnin Israel Utara. Pengolahan air limbah secara primer dengan sistem UASB. Sistem berjalan di bawah HRT 6-12 jam. Uji kandungan amonia mengikuti Standard Methods (APHA,1998). Total Nitrogen (TAN) ditentukan oleh ion selektif elektrode.	Dengan filter tuff langsung terjadi penurunan amonia, dengan filter kerikil penurunan terjadi setelah 10 hari, meskipun jumlah Ammonia Oxidizing Bacteria lebih tinggi pada sand filter.
7	Ali Akbar Babaei, Roza Azadi, Nemat Jaafarzadeh dan Nadali Alavi	Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering 10:20 Tahun: 2013	Application and Kinetic Evaluation of Upflow Anaerobic Biofilm Reactor for Nitrogen Removal from Wastewater by Anammox Process	Reaktor UASB skala lab dioperasikan secara kontinyu untuk menurunkan N ₂ terdiri atas silinder dalam (diameter internal 11 cm dan eksternal 12 cm). Silinder luar diameter internal 14 cm dan eksternal 15 cm. Suhu dijaga pada (35±1)°C dengan pompa sirkulasi air dari tank ke silinder luar. Komposisi air limbah sintesis skala lab adalah: (g/L) [19]. NaHCO ₃ , 1,25; KH ₂ PO ₄ , 0,027; CaCl ₂ ·2H ₂ O, 0,3; MgSO ₄ ·7H ₂ O, 0,3. Ammonium dan nitrit dibuat dari (NH ₄) ₂ SO ₄ .	Pada 117-135 hari efisiensi penurunan ammonium 11% - 75%, sedangkan nitrit 85% - 91%. Efisiensi penurunan nitrit dan ammonium meningkat masing-masing mulai hari ke 160 dan 180. mgN/L dan 80 - 920 mgN/L., HRT menurun 24 - 6 hari.

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
8	Ruixia Hao Sumei Li Jianbing Li, Cheng cheng Meng	Bioresource Technology 143, 178–186 Tahun: 2013	Denitrification of Simulated Municipal Wastewater Treatment Plant Effluent Using a Three-Dimensional Biofilm-Electrode Reactor: Operating Performance and Bacterial Community	Reaktor biofilm elektroda tiga dimensi untuk menurunkan nitrat limbah domestik. Tumbuhan yang digunakan Aphylogeneti dan bakteri yang digunakan Thauera-like and Enterobacter-like bacteria. Reaktor dibuat dari bahan plexiglass bentuk silindris, diameter 15 cm tinggi 56 cm, katode mengandung 6 graphit rod diameter 2 cm, tinggi 42 cm dipasang mengelilingi dinding dalam reaktor graphite rods dihubungkan dengan electrical copper wires.	Penurunan nitrat 98% dihasilkan dari rasio C/N 3,0 dan HRT 7 jam. Hampir 85,0 sampai 90,0% penurunan nitrat diperoleh pada rasio C/N 1,5 dan HRT 10 jam seharusnya terjadi kerjasama antara denitrifikasi heterotrofik dan autotrofik.
9	Posadas, Encina, Anna Soltau, Domínguez , Díaz, R.Muñoz	Bioresource Technology 139, 50–58 Tahun: 2013	Carbon and Nutrient Removal from Centrates and Domestic Wastewater Using Algal– Bacterial Biofilm Bioreactors	Bioreaktor biofilm diokulasi dengan konsorsium mikroalga koleksi dari Pilot HRAP pengolahan dengan pengenceran di Department of Chemical Engineering and Environmental Technology (University of Valladolid, Spain) dan lumpur aktif dari Valladolid Wastewater Treatment Plant.	Penurunan karbon $91 \pm 3\%$, nitrogen $70 \pm 8\%$ dan fosfor $85 \pm 9\%$. Terjadi kompromi keberlanjutan lingkungan dalam hal ini microalgae-based Technology.
10	Jih-Ming Chyan, Delia-B. Senoro, Chien-Jung Lin, Chen, -Ming Chen	International Biodeterioration & Biodegradation 85, 638-645 Tahun: 2013	A Novel Biofilm Carrier for Pollutant Removal in a Constructed Wetland Based on Waste Rubber Tire Chips	Waste rubber tire chips (WRTCs dimasukkan pada media baru dan biofilm carrier dari aliran subsurface (subsurface flow) constructed wetland (CW), dikombinasi dengan free water surface (FWS). CW dibentuk dari hybrid eksperimental system.	Rata-rata penurunan berturut-turut 10,0% dan 39,9% untuk gravel SSF CW dan WRTC SSF CW. Rata-rata penurunan dari Hybrid WRTC-CW, 53,4% lebih tinggi dibandingkan Hybrid CW 27,2%.

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
11	Chunyan Li, Yue Li, Xiaosong Cheng, Liping Feng Chuanwu Xi, Ying Zhang	Bioresource Technology 131, 390–396 Tahun: 2013	Immobilization of Rhodococcus Rhodochrous BX2 (An acetonitrile degrading Bacterium) with Biofilm-Forming Bacteria for Wastewater Treatment	Strains Bakteri dan media Rhodococcus rhodochrous BX2 diisolasi dari tanah dan ditemukan penurunan yang sangat efisien dari acetonitrile. B subtilis E2, E3 dan N4 diisolasi dari biofilm di dalam sistem pengolahan limbah acetonitrile dalam skala laboratorium. Didapatkan formasi biofilm dengan kapasitas lebih banyak daripada isolasi dari sampel yang sama. Kultur diinkubasi selama 24 jam pada 35° C di atas rotary shaker pada 180 rpm. Pertumbuhan bakteri dimonitor dengan membaca absorbansi dari kultur pada 600 nm. Reaktor disusun secara paralel. Inokulum yang digunakan berbeda dengan pada proses inokulasi. Lumpur aktif untuk inokulasi dikumpulkan dari buangan pengolahan limbah domestik di Harbi Cina (a municipal sewage treatment plant), sedangkan bakteri BX2, E2, E3 dan N4 diperoleh dari cultur pellet. Reaktor NO 1 (R1) diseeding dengan 3000 mg/L lumpur aktif.	Biofilm mengandung tiga formasi bakteri dan satu turunan bakteri acetonitril yang resisten terhadap acetonitril loading shock. Tayangan biofilm tipe spasial struktur heterogen dan keefektivan penampakan sangat jelas (kuat) pada pengolahan air limbah dengan kandungan acetonitrile. Penurunan bakteri diimmobilisasi dalam biofilm pada pengolahan limbah dengan kandungan acetonitrile. Metode ini dapat mengimobilisasi polutan strain khusus ke dalam formasi biofilm dan tidak terbatas pada sistem pengolahan limbah dengan polutan khusus.
12	Laspidou, Spyrou, Aravas, Rittmann	Mathematical Biosciences 251, 11–15 Tahun: 2014	Material Modeling of Biofilm Mechanical Properties	Model Biofilm didasarkan pada Cellular Automata (CA), seperti model Unified Multi-Component Cellular Automaton (UMCCA), menggambarkan kontinuitas dasar dari reaksi difusi keseimbangan massa dan menggambarkan partikel padat diskret model sel per sel menggunakan algoritma CA. Variabel pada Model UMCCA: Xa, EPS, Xres, pori-pori (pores), ODS, two metabolic products, SMP, UAP, BAP dan Oksigen.	Model material biofilm memungkinkan dimasukkan suatu contoh model, produk dari UMCCA model, dengan ABAQUS. Sebaliknya penyebab penurunan kekakuan dari biofilm terjadi ketika tegangan penuh (tensile loads) terganggu (diganggu).

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
13	Minmin Liu, Ying Zhao, Beidou Xi, Li'an Hou, Xunfeng Xia.	Front. Environ. Sci. Eng. 8(4): 598–606, DOI 10.1007/s11783-013-0576-2 Tahun: 2014	Performance of a Hybrid Anaerobic-Contact Oxidation Biofilm Baffled Reactor for the Treatment of Decentralized Molasses Wastewater	Kompartemen anaerobik diokulasi dengan sludge granule diambil dari Brewing Wastewater Treatment Plant of Shanghai, China. Rasio MLVSS per MLSS dari anaerobic granule sludge sebesar 0.60. Seeding sludge dari aerobic compartments diambil dari SWTP Shanghai, China. Lumpur digunakan untuk inokulasi karena mempunyai karakteristik yang bagus dan warnanya coklat hitam.	Penelitian ini mengkaji performa HRT, karakteristik mikroba dan GWR. Pada HRT 24 jam dan GWR 20:1, total amonia dan COD efluent menurun 99% dan 91,8%. Performa reaktor stabil untuk mengolah air limbah molase. Performa terbaik reaktor pada resistensi tinggi dari COD dan Hidraulik shock loading
14	Wei Zhang, Yuan Yuan Liu, Alan Warren, Henglong Xu	Marine Pollution Bulletin 89, 121–127 Tahun: 2014	Insights Into Assessing Water Quality Using Taxonomic Distinctness Based on a Small Species Pool of Biofilm-Dwelling Ciliate Fauna in Coastal Waters of the Yellow Sea, Northern China	Lokasi penelitian di 4 stasiun Jiaozhou Bay China Utara. Station A lokasi dengan area stressing tinggi, polutan berupa organik compounds dari domestic sewage dan pembuangan industri beberapa sungai. Stasiun B di daerah dengan polusi moderat berasal dari sebuah sungai kecil. Stasiun C di lokasi polusi sedikit, relatif jauh dari sungai. Stasiun D lokasinya paling sedikit polutannya, diluar teluk dan jaraknya lebih jauh dari muara sungai.	Ada 33 spesies subset yang teridentifikasi dari 137 spesies dari dataset menggunakan a step-best-matching methods.
15	Leyva-Díaz, López-López Martín-Pascual Muñío, Poyatos	Chemical Engineering and Processing 91, 57–66 Tahun: 2015	Kinetic Study of The Combined Processes of a Membrane Bioreactor and a Hybrid Moving Bed Biofilm Reactor-Membrane Bioreactor with Advanced Oxidation	Dua bioreaktor membran dengan perbedaan konsentrasi MLSS dan Hybrid MBBR yang mengandung carrier pada zona aerob dimana bioreaktor yang digunakan disusun secara paralel air limbah rumah tangga yang sama dan dibandingkan. Parameter kinetik untuk heterotrofik, autotrofik dan bakteri pengoksidasi nitrit dimana berhubungan dengan bahan organik dan penurunan nitrogen.	Hybrid MBBR mempunyai kelakuan secara kinetik yang terbaik untuk biomas heterotrofik dan autotrofik, dengan nilai penurunan TN 72.39-7.57%. Nilai maksimum dari total penurunan Total Organik Karbon (hmax,TOC) yang tertinggi di dalam sistem TiO2/H2O2/UV untuk konsentrasi H2O2

			Processes as a Post-Treatment Stage for Wastewater Treatment	HRT 18 jam.	dan effluent secara bebas.
16	Amin Reza Rajabzadeh, Raymond Legge, Kela Weber	Ecological Engineering 74, 107–116 Tahun: 2015	Multiphysics Modelling of flow Dynamics, Biofilm Development and Wastewater Treatment in a Subsurface Vertical Flow Constructed Wetland Mesocosm	Air limbah simulasi terdiri dari 1g/L molases, 0,0049 g/L urea, 0.0185 g/L NH ₄ H ₂ PO ₄ , yielding COD 500 mg/L, dan rasio COD:N:P = 100:5:1. Tipe fungsi MONOD dengan faktor pembatas bahan organik digunakan pada pertumbuhan secara cepat pada proses heterotrofik. Untuk sistem dengan faktor pembatas multiple dengan sejumlah oksigen, bahan organik dan substrat/nutrien yang lain direkomendasikan menggunakan MONOD Dual Substrat Limitation Kinetics.	Submodel biofilm menghitung degradasi bahan organik seperti mekanisme pada pertumbuhan mikroorganisme dan efek tekanan pada pelepasan biofilm. Rata-rata simulasi porositas disesuaikan dengan data penelitian dimana nilai R ² = 0.89 dan MSE antara 7.8-10,6.
17	Xiurong Si, Xiangchun Quan dan Yachuan Wu	Appl Microbiol Biotechnol DOI 10.1007/s00253-015-6943-0 31 Agustus 2015 Tahun: 2015	A Small-molecule Norspermidine and Norspermidine-Hosting Polyelectrolyte Coatings Inhibit Biofilm Formation by Multi-Species Wastewater Culture	Polyacrylic acid (MW 450,000), polyethylenimine (MW70,000), dan norspermidine dari Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Microscopy glass slides dengan dimensi 25.4×76.2×1–1.2 mm diperoleh dari VWR International. Sumber kultur lumpur aktif diperoleh dari MWTP Beijing, China. Komposisi kultur mikrobial dikarakterisasi menggunakan MiSeq system oleh Shanghai Majorbio Bio-pharm Technology Co., Ltd. (Shanghai, China). Kultur spesies Comamonas, Enterobacteriaceae, Azospira, Pseudomonas, Stenotrophomonas, Nakamurella, Clostridium, Sphingomonas, dan Ferribacterium. Semua rangkaian spesies disimpan di NCBI database	Keberadaan norspermidine dengan ukuran 500–1000 μM di dalam medium mencegah terbentuknya biofilm. Norspermidine juga efektif dalam mengurai biofilm. Norspermidine mengandung mantel multilayer yang sukses terbentuk di atas gelas slide tersimpan lapisan demi lapisan di dalam polyethylenimine (PEI) dan polyacrylic acid (PAA) solution.

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
18	Pitriani	International Journal of PharmTech Research CODEN (USA): IJPRIF, ISSN: 0974-4304 Vol.8, No.4, pp 702-708 Tahun 2015	The Effectiveness of EM4 Addition into Biofilter to Reduce of BOD, COD and MPN Coliform of Hospital Wastewater	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penambahan EM4 pada biofilter anaerob-aerob. Penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimental dengan desain pretest-posttest. Prinsip biofilter adalah penggunaan mikroorganismenya dengan proses amobile pada media tertentu menghasilkan biofilm. Kondisi normal, dibutuhkan satu bulan (30 hari) untuk menurunkan polutan dalam air limbah. Hasilnya setelah 18 hari menunjukk ada perubahan tingkat pollutan.	Penurunan kadar BOD mencapai 91,22% (322,65 mg/l menjadi 28,30 mg/l), hasilnya memenuhi tingkat maksimum yang diizinkan dari Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan 69/2010. Tingkat penurunan COD realtif tinggi sedangkan MPN Colfiorm belum memenuhi baku mutu. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa EM4 mampu menghasilkan pembentukan dan pematangan biofilm sehingga efisiensi biofilter dapat meningkat dalam hal waktu yang dibutuhkan.
19	Jency Nadayil, Devu Mohan, Keerthana Dileep, Meenu Rose, Riya Rose Poly Parambi	International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations ISSN 2348-1226 (online) Vol. 3, Issue 2, pp: (10-15), Month: April - June 2015, Tahun 2015	A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater	This paper focuses on how the various constituents of waste water vary with aeration. Diffused fine bubble aeration was done in a circular tank at various flow rates (1.5 L/minute, 3 L/minute, 4 L/minute) at time periods of 24 hours, 48 hours and 72 hours using air stones and the percentage reduction in COD, BOD and Turbidity were found out	It was found that as flow rate of aeration increased the percentage removal of above constituents also increased. Optimum removal was possible at a flow rate of 4 L/min at time period of 72 hours. BOD, COD, Turbidity were found to be removed by 95.88%, 95.71%, and 37.72% respectively

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
20	Leyva-Díaz, M.M. Muñío, González- López, Poyatos	Ecological Engineering 91 (2016) 449–458 Tahun 2016	Anaerobic/anoxic/oxic configuration in hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor for nutrient removal from municipal wastewater	A membrane bioreactor (MBRp), a hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor containing carriers in the anaerobic, anoxic and aerobic zones (hybrid MBBR-MBRap) and a hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor which contained carriers only in the anaerobic and anoxic compartments (hybrid MBBR-MBRbp) were used in parallel and compared regarding the nutrient and organic matter removal from municipal wastewater. The hydraulic retention time (HRT) was 18 h. A kinetic study for the heterotrophic and autotrophic bacteria, mainly nitrite-oxidizing bacteria (NOB), was carried out and related to the nutrient and organic matter removal.	The hybrid MBBR-MBR performed best regarding chemical oxygen demand (COD) and total phosphorus (TP) removals, with values of $85.82 \pm 2.12\%$ and $81.42 \pm 3.85\%$, respectively. This system had a higher phosphorus release under anaerobic conditions and a higher phosphorus uptake under aerobic conditions. The highest TN removal efficiency was obtained for the hybrid MBBR-MBRbp, with a value of $61.39 \pm 10.71\%$.
21	Kai Tang, Gordon, Ooi, Klaus Litty, Kim Sundmark, Kamilla Kaarsholm, Christina Sund, Caroline Kragelund, Magnus Christenson, Kai Bester, Henrik Andersen	Bioresource Technology 236 (2017) 77– 86 Tahun 2017	Removal of Pharmaceuticals in Conventionally Treated Wastewater by a Polishing Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) with Intermittent Feeding	Penelitian ini menggunakan MBBR (moving bed biofilm reactors). Air limbah dikumpulkan dari effluent air Viby WWTP di Aarhus, Denmark. Dengan kapasitas sebesar 83,000 Population Equivalent. Pengolahannya dengan proses nitrifikasi and denitrifikasi. Efluent yang digunakan untuk penelitian menggunakan CAS reaktor dan Polishing Sand Filter.	MBBR yang diterapkan pada penelitian ini bisa menurunkan polutan pada limbah farmasi hasilnya lebih baik dibandingkan dengan lumpur aktif

No.	Nama	Sumber/Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
22	Safwat. M. Safwat	Journal of Cleaner Production DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.041 Tahun 2018	Performance of Moving Bed Biofilm Reactor Using Effective Microorganisms	This work shows the feasibility of using effective microorganisms (EM) to improve the performance of a moving bed biofilm reactor (MBBR) in treating primary settled wastewater. Two MBBR systems were compared, one inoculated with activated sludge only, and the other inoculated with a mixture of activated sludge and EM, under steady-state conditions, and under organic and hydraulic shock loadings.	The average removal efficiencies for chemical oxygen demand (COD), sCOD, pCOD, and TAN were found to be 76.71 %, 81.87 %, 68.13 %, and 45.92 %, respectively in MBBR inoculated with activated sludge only for a period of 30 days; while those for MBBR inoculated with a mixture of activated sludge and EM were found to be 67.79 %, 61.12 %, 76.26 %, and 56.97 %, respectively, during the same period

G. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK)

- 1) Teknologi biofilm dapat memberikan suatu referensi ilmiah mengenai teknologi pengolahan air limbah domestik yang murah dan efisien.
- 2) Memberikan informasi tentang pemanfaatan bahan-bahan yang bersumber dari alam sekitar (lokal) yang murah dan mudah sebagai bioaktivator.
- 3) Pengembangan teknologi pengolahan air limbah dengan teknologi biofilm.

2. Manfaat bagi Pemerintah

Manfaat bagi pembangunan, khususnya bagi Pemerintah Kota Semarang hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan penentuan kebijakan dalam rangka:

- 1) Melakukan pemilihan teknologi pengolahan air limbah domestik yang tepat guna, efisien, efektif, murah baik dari segi konstruksi, investasi, perawatan maupun operasional.
- 2) Mendukung program pemerintah yang terkait dengan penyediaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal bagi Masyarakat.

3. Manfaat bagi Masyarakat

- 1) Bagi masyarakat umum teknologi biofilm ini bisa dijadikan sebagai referensi dalam pengolahan air limbah rumah tangga dengan teknologi yang efisien, efektif dan berbiaya murah, meskipun teknologinya termasuk tidak baru tetapi proses yang dilakukan termasuk dalam kategori baru.
- 2) Bagi pengembang perumahan teknologi biofilm dapat dijadikan sebagai referensi teknologi pengolahan air limbah domestik secara komunal pada perumahan yang akan dibangun.