

LAPORAN PENELITIAN INTERNAL

Taman Hujan: Komponen Ramah Lingkungan Dalam Kerangka Manajemen Air Hujan dan Limbah Domestik



Disusun oleh:
Robby Yussac Tallar

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
2023

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN PENELITIAN INTERNAL YANG BERJUDUL:

Taman Hujan: Komponen Ramah Lingkungan Dalam Kerangka Manajemen Air Hujan dan Limbah Domestik

Ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban penelitian internal yang telah diselesaikan.

Menyetujui,



Robby Yussac Tallar
Penyusun

Mengetahui,



Dr. Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Kristen Maranatha

KATA PENGANTAR

Pertama-tama saya panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberkati saya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih bagi seluruh pihak yang telah membantu saya dalam pembuatan penelitian ini. Saya menyadari bahwa saya mempunyai banyak keterbatasan dalam berbagai hal. Oleh karena itu, saya bersedia menerima kritik dan saran dari dewan juri yang terhormat. Saya dengan senang hati menerima semua kritik dan saran tersebut sebagai masukan yang sangat berharga untuk penelitian saya di masa yang akan datang.

Dengan menyelesaikan penelitian ini saya mengharapkan masyarakat umum mendapatkan banyak manfaat dari gagasan inovasi saya yang tertuang lewat penelitian ini. Dengan adanya fasilitas “Taman Hujan” di area pekarangan rumah tinggal, diharapkan permasalahan manajemen air limbah dapat efektif mengurangi bahkan menghilangkan polutan-polutan yang terdapat dalam air limbah domestik yang dihasilkan. Akhirnya, kesehatan masyarakat akan lebih terjamin dan saya juga mengharapkan institusi-institusi yang terkait dapat mendukung gagasan inovasi dalam penerapannya.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
ABSTRAK	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	
1.2 Perumusan Masalah	
1.3 Tujuan	
1.4 Manfaat	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Limbah	
2.2 Baku Mutu Lingkungan	
2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik	
BAB III METODE PENULISAN	
3.1 Tahapan Penulisan	
3.2 Jenis dan Sumber Data	
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Deskripsi Model dan Proses Kerja	
4.2 Prosedur Penerapan dan Cara Pembuatan	
BAB V PENUTUP	
DAFTAR PUSTAKA	

ABSTRAK

Akar permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah masalah limbah rumah tangga dalam suatu kawasan yang harus diminimalisir dampaknya. Untuk itu, makalah ini menawarkan gagasan inovasi berupa fasilitas “Taman Hujan” yang merupakan sistem terpadu dalam manajemen air limbah domestik untuk wilayah permukiman atau lebih tepatnya lagi pekarangan rumah tinggal. Fasilitas “Taman Hujan” merupakan singkatan dari *Aesthetics-Biofilter-Clean* (ABC) yang adalah taman sekaligus penjernih air terpadu untuk mengurangi polutan pada air limbah domestik (*greywater* dan *blackwater*) yang diterapkan di pekarangan rumah. Dengan memodifikasi dan menggabungkan fungsi dari tangki septik, kolam atau *wetland* maupun fasilitas *green belt* lainnya ke dalam satu sistem maka diharapkan fasilitas yang diterapkan di pekarangan rumah ini dapat efektif dan efisien di dalam mengurangi polutan yang terkandung pada air hasil limbah rumah tangga sebelum masuk ke saluran/badan air.

Fasilitas ini terbagi menjadi 4 zona dengan fungsinya masing-masing. Beberapa media filter yang dipergunakan antara lain *zeolite*, karbon aktif, pasir silika, *bio-ball* dan lain sebagainya memiliki fungsi masing-masing dalam mengurangi polutan pada air limbah domestik. Disamping itu, vegetasi air dengan berbagai jenis dan fungsinya masing-masing juga digunakan. Keunggulan dari fasilitas ini adalah disamping dapat mengurangi polutan, juga dapat meningkatkan nilai estetika lingkungan karena terbentuknya ekosistem alamiah di taman. Fasilitas ini terbilang muti-fungsi dan secara ekonomis dapat dianggap lebih murah bila dibandingkan dengan pembuatan sarana/alat secara satu per satu seperti sumur resapan, tangki septik (*septic tank*), bioretensi atau *wetland* dan penjernihan air. Saran yang diberikan adalah diperlukan penelitian lanjut dalam menentukan dimensi dan ukuran dengan mempertimbangkan jumlah orang dan luas lahan yang tersedia untuk dijadikan masukan bagi para pemangku kebijakan (*stakeholders*) dalam membuat regulasi. Lebih jauh lagi, diperlukan juga penelitian terhadap kearifan lokal sehingga pemanfaatan fasilitas ini juga dapat diterima secara luas di berbagai wilayah di Indonesia.

Kata kunci: Aesthetics; Bio-filter; Clean

BAB I. PENDAHULUAN

Paradigma pembangunan dewasa ini dititikberatkan kepada pembangunan berkelanjutan (Deakin and Reid, 2014, Puig et al., Foo, 2013, Xing et al., 2013). Paradigma seperti ini terjabarkan dalam beberapa konsep yang pada prinsipnya memiliki tujuan atau fokus yang sama seperti pada konsep *green infrastructure by design, ecological sustainability* atau lain sebagainya (Diwekar and Shastri, 2010). Fokus umum dari konsep ini adalah untuk meningkatkan kualitas lingkungan melalui fasilitas/teknologi sarana dan prasarana pembangunan yang sesuai (Sianipar et al., 2013, Lee and Shih, 2011). Dalam konteks ilmu teknik sipil, paradigma inipun sangat penting untuk kita terapkan mengingat permasalahan yang terkait sangatlah kompleks dan terkait antar berbagai disiplin ilmu teknik sipil sendiri. Salah satu permasalahan utama sebagai dampak dari pembangunan adalah permasalahan air dan limbah yang dihasilkannya. Oleh karena itu konsep pembangunan berkelanjutan di dalamnya harus terdapat sistem manajemen air limbah yang baik untuk menangani berbagai permasalahan yang diakibatkan dari keberadaan air limbah tersebut.

1.1 Latar Belakang

Salah satu dari penerapan pembangunan berkelanjutan adalah kegiatan/usaha mengkonservasi air. Prinsip dasar konservasi air adalah mencegah atau meminimalkan air yang hilang sebagai aliran permukaan dan menyimpannya semaksimal mungkin ke dalam tanah. Atas dasar prinsip ini maka setiap air limbah yang keluar atau dihasilkan dari suatu wilayah sedapat mungkin diolah oleh suatu sistem pengolahan air yang benar dan terpadu sehingga efektif dalam pemanfaatannya. Namun walaupun begitu, masalah air limbah tidak sesederhana yang dibayangkan karena pengolahan air limbah memerlukan biaya investasi yang besar dan biaya operasi yang tidak sedikit. Untuk itu, pengolahan air limbah harus dilakukan dengan cermat, dimulai dari perencanaan yang teliti, pelaksanaan pembangunan fasilitas instalasi pengolahan air limbah (IPAL) atau unit pengolahan limbah (UPL) yang benar, serta pengoperasian yang cermat. Ada berbagai teknologi dari yang paling canggih sampai ke yang paling sederhana dalam hal pemanfaatan air secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu fasilitas pemanfaatan air hujan (seperti kolam pengumpul air hujan, sumur resapan, lubang resapan biopori dan sebagainya) dan fasilitas pemanfaatan air limbah (seperti saringan pasir lambat, *wetland* dan sebagainya). Agar dapat sesuai dalam penerapannya pada masyarakat maka diperlukan pemilihan dan aturan yang tepat dalam mempertimbangkan kondisi lingkungan dari area yang akan diinstalasikan oleh teknologi pengolahan air limbah tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Penanganan air limbah perlu dilakukan secara cepat dan efektif mengingat kondisi sumber-sumber air yang ada semakin memburuk baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Kondisi ini diperparah dengan bercampurnya air limbah dan air hujan sebagai akibat dari sistem air hujan/drainase dan saluran pembuang limbah (*sewer*) yang belum baik di Indonesia. Berdasarkan United States Agency for International Development (*USAID*) dalam laporannya (2007), menyebutkan, penelitian di berbagai kota di Indonesia menunjukkan hampir 100 persen sumber air minum kita tercemar oleh bakteri E. Coli dan Coliform. Oleh karena itu, akar permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah masalah limbah rumah tangga dalam suatu kawasan yang harus diminimalisir dampaknya. Untuk itu, makalah ini menawarkan gagasan inovasi berupa fasilitas “Taman Hujan” yang merupakan sistem terpadu dalam manajemen air limbah domestik untuk wilayah permukiman atau lebih tepatnya lagi pekarangan rumah tinggal. Fasilitas “Taman Hujan” merupakan singkatan dari *Aesthetics-Biofilter-Clean* (ABC) yang adalah taman sekaligus penjernih air terpadu untuk mengurangi polutan pada air limbah domestik (*greywater* dan *blackwater*) yang diterapkan di pekarangan rumah. Dengan memodifikasi dan menggabungkan fungsi dari tangki septik, kolam atau *wetland* maupun fasilitas *green belt* lainnya ke dalam satu sistem maka diharapkan fasilitas yang diterapkan di pekarangan rumah ini dapat efektif dan efisien di dalam mengurangi polutan yang terkandung pada air hasil limbah rumah tangga (baik *greywater* dan *blackwater*) sebelum masuk ke saluran/badan air.

1.3 Tujuan

Proposal penelitian kali ini memfokuskan kepada inovasi yang diberi nama “Taman Hujan” yang merupakan suatu sistem pengolahan atau manajemen terpadu air limbah domestik pada suatu taman atau pekarangan rumah sehingga kualitas air limbah luarannya jauh lebih baik daripada sumbernya. Beberapa tujuan yang akan dicapai dari inovasi ini adalah sebagai berikut:

- Mengolah air limbah baik *blackwater* maupun *greywater* secara benar dan efektif dalam konteks menciptakan inovasi teknologi tepat guna yang mampu menangani masalah air limbah domestik yang terjadi di wilayah pekarangan rumah.
- Mengurangi beban pencemaran pada badan air atau drainase kota selanjutnya.

- Mengurangi dampak dari pencemaran air limbah itu sendiri seperti permasalahan kesehatan masyarakat.

1.4 Manfaat

Banyak manfaat yang akan didapat bila fasilitas “Taman Hujan” ini bila diterapkan di Indonesia, terutama untuk wilayah permukiman yang masih banyak menggabungkan air limbah dari rumah tangga/domestik dengan air hujan. Dengan adanya fasilitas “Taman Hujan” ini diharapkan dikemudian hari air limbah rumah tangga dan air hujan yang terbuang atau dihasilkan oleh wilayah permukiman dapat dikelola dengan benar dan efektif sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan sekunder seperti bercocok tanam, penyiraman tanaman, membersihkan jalan dan lain sebagainya.

Disamping itu, manfaat lainnya yang tak kalah pentingnya adalah peningkatan nilai estetika serta ekologi dalam suatu ekosistem lingkungan taman yang dibentuk dari fasilitas ini. Banyak memang teknologi pengolahan air limbah yang ditawarkan akhir-akhir ini tapi masih sedikit yang memikirkan nilai ekologis serta estetikanya di dalam penerapannya terutama di wilayah permukiman penduduk. Oleh karena itu, keunggulan dari fasilitas ini juga dapat dikategorikan sebagai salah satu manfaat yang diperoleh bila masyarakat menerapkan fasilitas “Taman Hujan” ini di lahan pekarangan rumah mereka.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup diluar kawasan lindung, baik perkotaan maupun pedesaan, yang berfungsi sebagai tempat tinggal dan tempat kegiatan yang mendukung perkehidupan dan penghidupan. Segala aktivitas manusia yang terjadi di dalam suatu wilayah permukiman tentunya menghasilkan berbagai jenis limbah yang dapat berbahaya bila tidak dikontrol keberadaannya.

2.1 Pengertian Limbah

Secara umum yang disebut limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas dan debu, cair atau padat. Oleh karena itu, macam-macam limbah dapat berupa limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel, dan bahkan limbah beracun. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 No. PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Air limbah industri maupun rumah tangga (domestik) apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan.

2.2 Baku Mutu Lingkungan

Baku mutu lingkungan adalah batas kadar yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di lingkungan dengan tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuhan atau benda lainnya. Menurut pengertian secara pokok, baku mutu adalah peraturan pemerintah yang harus dilaksanakan yang berisi spesifikasi dari jumlah bahan pencemar yang boleh dibuang atau jumlah kandungan yang boleh berada dalam media ambien. Secara objektif, baku mutu merupakan sasaran ke arah mana suatu pengelolaan lingkungan ditujukan. Kriteria baku mutu adalah kompilasi atau hasil dari suatu pengolahan data ilmiah yang akan digunakan untuk menentukan apakah suatu kualitas air atau udara yang ada dapat digunakan sesuai objektif penggunaan tertentu. Untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap lingkungan oleh berbagai aktivitas industri dan aktivitas manusia, maka diperlukan pengendalian terhadap pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat dikategorikan menjadi pencemaran air, pencemaran udara dan

pencemaran tanah. Baku mutu untuk mencegah berlimpahnya limbah sehingga mengakibatkan baku mutu lingkungan tidak memenuhi syarat penghidupan bagi manusia.

Kemampuan lingkungan sering diistilahkan dengan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Sehubungan dengan baku mutu lingkungan, ada istilah nilai ambang batas yang merupakan batas-batas daya dukung, daya tenggang dan daya toleransi atau kemampuan lingkungan. Nilai ambang batas tertinggi atau terendah dari kandungan zat-zat, makhluk hidup atau komponen-komponen lain dalam setiap interaksi yang berkenaan dengan lingkungan khususnya yang mempengaruhi mutu lingkungan. Jadi jika terjadi kondisi lingkungan yang telah melebihi nilai ambang batas (batas maksimum dan minimum) yang telah ditetapkan berdasarkan baku mutu lingkungan maka dapat dikatakan bahwa lingkungan tersebut telah tercemar.

Adanya peraturan perundangan (nasional maupun daerah) yang mengatur baku mutu serta peruntukan lingkungan memungkinkan pengendalian pencemaran lebih efektif karena toleransi dan atau keberadaan unsur pencemar dalam media (maupun limbah) dapat ditentukan apakah masih dalam batas toleransi di bawah nilai ambang batas (NAB) atau telah melampaui. Dasar hukum baku mutu lingkungan terdapat dalam Undang-undang No. 4 Tahun 1982 Pasal 15 yang berbunyi sebagai berikut: "Perlindungan lingkungan hidup dilakukan berdasarkan baku mutu lingkungan yang diatur dengan peraturan perundang-undangan". Sementara itu, kriteria dan pembakuan ini dapat berbeda untuk setiap lingkungan, wilayah atau waktu mengingat akan perbedaan tata gunanya. Perubahan keadaan lingkungan setempat serta perkembangan teknologi akan mempengaruhi kriteria dan pembakuan yang telah ditetapkan.

Apabila pada suatu saat ada industri yang membuang limbahnya ke lingkungan dan telah memenuhi baku mutu lingkungan, tetapi kualitas lingkungan tersebut mengganggu kehidupan manusia, maka yang dipersalahkan bukan industrinya. Adapun langkah-langkah penyusunan baku mutu lingkungan:

1. Identifikasi dari penggunaan sumber daya atau media ambien yang harus dilindungi (objektif sumber daya tersebut tercapai).
2. Merumuskan formulasi dari kriteria dengan menggunakan kumpulan dan pengolahan dari berbagai informasi ilmiah.
3. Merumuskan baku mutu ambien dari hasil penyusunan kriteria.

4. Merumuskan baku mutu limbah yang boleh dilepas ke dalam lingkungan yang akan menghasilkan keadaan kualitas baku mutu ambien yang telah ditetapkan.
5. Membentuk program pemantauan dan penyempurnaan untuk menilai apakah objektif yang telah ditetapkan tercapai.

Baku mutu lingkungan mencakup baku mutu limbah padat, baku mutu air laut, baku mutu udara emisi, baku mutu limbah cair, dan baku mutu air pada sumber air. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup dalam keputusannya No. KEP-03/MENKLH/II/1991 telah menetapkan baku mutu air pada sumber air, baku mutu limbah cair, baku mutu udara ambien, baku mutu udara emisi dan baku mutu air laut. Dalam keputusan tersebut menjabarkan hal-hal sebagai berikut:

1. Baku mutu air pada sumber air, disingkat baku mutu air, adalah batas kadar yang diperoleh bagi zat atau bahan pencemar terdapat dalam air, namun air tetap berfungsi sesuai dengan peruntukannya;
2. Baku mutu limbah cair adalah batas kadar yang diperoleh bagi zat atau bahan pencemar untuk dibuang dari sumber pencemaran ke dalam air pada sumber air, sehingga tidak menyebabkan dilampauinya baku mutu air;
3. Baku mutu udara ambien adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di udara, namun tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuhan dan benda;
4. Baku mutu udara emisi adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dikeluarkan dari sumber pencemaran ke udara, sehingga tidak mengakibatkan dilampauinya baku mutu udara ambien;
5. Baku mutu air laut adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada atau harus ada, dan zat atau bahan pencemar yang ditenggang adanya dalam air laut.

2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Secara umum, limbah cair rumah tangga atau domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk kebersihan yaitu gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya. Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Sebagian limbah rumah tangga berbentuk suspensi lainnya dalam bentuk bahan terlarut. Limbah cair ini dapat dibagi 2 yaitu limbah cair kakus yang umum disebut

black water dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut *grey water*. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui tanki septik, namun sebagian dibuang langsung ke sungai. Sedangkan *grey water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran. Perkembangan penduduk kota-kota besar tersebut semakin meningkat pesat, seiring dengan pesatnya laju pembangunan, sehingga jumlah limbah domestik yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan daya dukung sungai atau badan air penerima limbah domestik yang ada justru cenderung menurun dilihat dari terus menurunnya debit sungai tersebut.

Air limbah domestik, menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah merupakan air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah bersumber dari kegiatan domestik, industri serta rembesan dan tambahan. Komposisi air limbah sebagian besar terdiri dari air (99,9%) sedangkan sisanya terdiri dari partikel-partikel padat terlarut (*dissolved solid*) dan tersuspensi (*suspended solid*) sebesar 0,1%. Partikel padat tersebut terdiri dari zat organik $\pm 70\%$ dan $\pm 30\%$ zat anorganik. Zat-zat organik ini terdiri dari protein $\pm 65\%$, karbohidrat $\pm 25\%$ dan lemak $\pm 10\%$. Zat-zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (*biodegradable*) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi bakteri dan mikroorganisme lain. Sedangkan zat-zat anorganik terdiri dari kerikil, garam dan logam berat. Zat-zat ini merupakan bahan pencemar penting.

Secara umum sifat air limbah cair domestik terbagi atas tiga karakteristik, yaitu :

Karakteristik fisik :

a. Padatan (*solid*)

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang dapat larut, mengendap atau tersuspensi. Bahan ini pada akhirnya akan mengendap di dasar air sehingga menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima.

b. Bau (odor)

Bau timbul karena adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan zat-zat organik yang menghasilkan gas-gas tertentu juga karena adanya reaksi kimia yang menimbulkan gas.

Standar bau dinyatakan dalam bilangan ambang bau (*Threshold Odor Number*) yang menunjukkan pengenceran maksimum dari contoh air (limbah) hingga dihasilkan campuran yang tidak berbau lagi.

c. Warna (*color*)

Warna dibedakan menjadi *true color* dan *apparent color*. Warna yang bisa diukur adalah *true color*, yaitu warna yang disebabkan oleh buangan terlarut pada air limbah tersebut. Sedangkan *apparent color* disebabkan oleh warna-warna bahan yang terlarut maupun yang tersuspensi. Secara kualitatif, keadaan limbah dapat ditandai warna-warnanya. Air buangan yang baru dibuang biasanya berwarna keabu-abuan. Jika senyawa organik yang ada mulai pecah oleh aktivitas bakteri dan adanya oksigen terlarut direduksi menjadi nol, maka warna biasanya berubah menjadi semakin gelap. Standar warna sebagai perbandingan untuk contoh air adalah standar Pt-Co, dan satuan warna yang digunakan adalah satuan Hazen. Untuk air minum warnanya tidak boleh lebih dari 50 satuan Hazen.

d. Temperatur

Temperatur air limbah mempengaruhi badan penerima jika terdapat temperatur yang cukup besar. Hal ini akan mempengaruhi kecepatan reaksi serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu dapat memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologi pada suatu lingkungan.

e. Kekeruhan (*turbidity*)

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air. Kekeruhan terjadi karena adanya zat-zat koloid yang melayang dan zat-zat yang terurai menjadi ukuran yang lebih (tersuspensi) oleh binatang, zat-zat organik, jasad renik, lumpur, tanah, dan benda-benda lain yang melayang.

Karakteristik kimia:

a. *Oksigen terlarut (DO)*

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang ada dalam air dan dinyatakan dalam mg/l atau ppm (*part per million*) pada suhu 25°C. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh mikroorganisme dan makhluk hidup lainnya untuk kehidupannya. Adanya oksigen terlarut di dalam air ini akan mencegah bau yang tidak enak. Semakin tinggi DO dalam air, semakin baik kehidupan biota airnya.

b. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Pengujian BOD adalah pengujian yang paling umum digunakan dalam pengolahan air limbah. Jika terdapat oksigen dalam jumlah yang cukup maka pembusukan biologis secara aerobik dari limbah organik akan terus berlangsung sampai semua limbah terkonsumsi. Air limbah menjadi

produk akhir sel-sel baru serta bahan-bahan organik stabil dan hasil akhir lainnya. Mula-mula sebagian air limbah dioksidasi produk akhir untuk melepaskan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan sel baru dengan menggunakan sebagian energi yang dilepas selama oksidasi. Akhirnya pada saat bahan organik dipakai sel-sel baru mulai memakan sel-sel nya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Analisis COD adalah menentukan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah.

c. Minyak dan lemak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya dari minyak dan atau lemak adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri.

d. Deterjen

Deterjen termasuk bahan organik yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, hotel, dan rumah sakit. Fungsi utama deterjen adalah sebagai pembersih dalam pencucian, sehingga tanah, lemak dan lainnya dapat dipisahkan. Pemisahan terjadi akibat penurunan tegangan muka, sehingga kotoran-kotoran yang menempel pada alat atau bahan dapat dipisahkan. Bahan aktif pembersih yang terkandung dalam deterjen di Indonesia sebelum tahun 1993 masih menggunakan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*). ABS ini dapat menimbulkan busa yang mempunyai sifat tahan terhadap peruraian biologis, sehingga dapat menimbulkan masalah pencemaran air. Sejak tahun 1993, bahan aktif ini diganti dengan LAS (*Linear Alkyl Sulfonate*) yang busanya dapat diuraikan, walaupun harganya relatif lebih mahal.

e. pH

pH mempengaruhi kehidupan dalam air, pH kurang dari 5 atau lebih dari 9 akan menyebabkan korosi logam.

f. Nitrogen

Unsur nitrogen merupakan bagian yang penting untuk keperluan pertumbuhan protista dan tanaman. Nitrogen ini dikenal sebagai unsur hara atau makanan dan perangsang pertumbuhan. Nitrogen dalam limbah cair terutama merupakan gabungan dari bahan-bahan berprotein dan

urea. Oleh bakteri, nitrogen ini diuraikan secara cepat dan diubah menjadi ammonia, sehingga umur dari air buangan secara relatif dapat ditunjukkan dari jumlah ammonia yang ada.

g. Fosfor (P)

Unsur fosfor (P) dalam air seperti juga elemen nitrogen, merupakan unsur penting untuk pertumbuhan protista dan tanaman, yang dikenal pula sebagai nutrient dan perangsang pertumbuhan. Fosfor merupakan komponen yang menyuburkan algae dan organisme biologi lainnya, sehingga dapat dijadikan tolak ukur kualitas perairan.

Karakteristik biologi:

Parameter penting lainnya adalah golongan mikroorganisme yang ada dalam air dan golongan patogen, seperti *Eschericia Coli (E Coli)*.

BAB III METODE PENULISAN

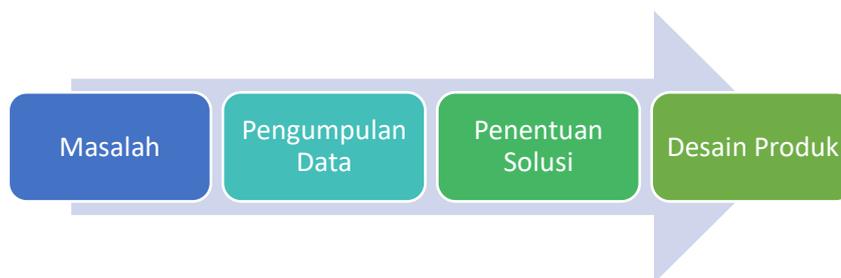
Penelitian ini melakukan metode penulisan kuantitatif eksperimen dimana beberapa pengujian penunjang telah dilakukan sebelum menyusun penelitian ini.

3.1 Tahapan Penulisan

Penelitian ini disusun dengan menggunakan tahapan sebagai berikut:

1. Mengamati permasalahan terkait air limbah domestik di Indonesia dengan mengumpulkan informasi-informasi yang terjadi dari berbagai media seperti jurnal, media cetak maupun elektronik dan internet.
2. Merumuskan permasalahan utama dari hasil langkah 1 serta sasaran wilayah.
3. Mencari ide gagasan yang inovatif namun aplikatif bagi sasaran wilayah yaitu permukiman.
4. Menawarkan solusi pemecahan permasalahan yang efektif dan rekatif ekonomis untuk mengatasi air limbah cair domestik.
5. Menyimpulkan berdasarkan pembahasan serta merekomendasikan untuk menindak lanjuti penelitian ini.

Tahapan tersebut diringkas ke dalam suatu diagram alir (*flowchart*) penulisan seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan

3.2 Jenis dan Sumber Data

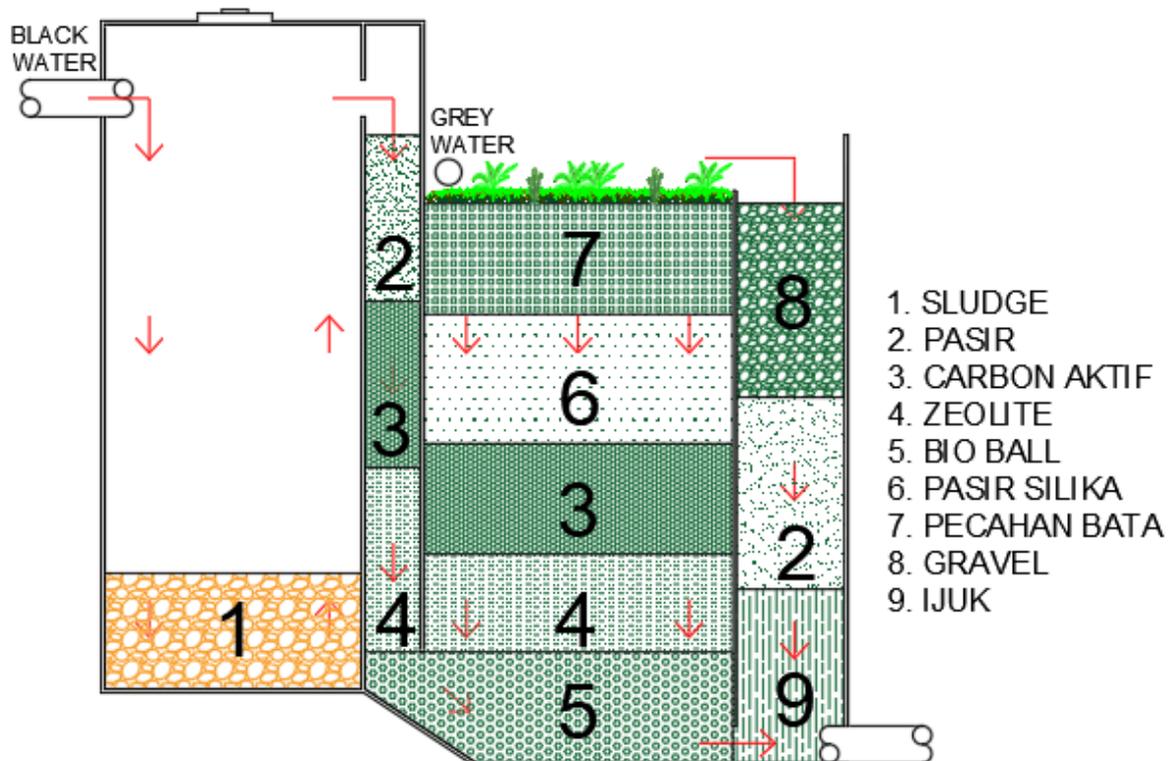
Jenis data yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini adalah data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang didapat langsung dari hasil pengujian dari laboratorium. Data primer pada penelitian ini adalah kemampuan permeabilitas dari beberapa material atau media filter yang digunakan dengan menggunakan skala model dan pemilihan vegetasi air (*aquatic vegetation*) yang paling baik dalam mengurangi polutan tertentu. Hasil ini dilanjutkan dengan penggunaan data-data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya, studi pustaka, jurnal, artikel, dan lainnya yang mendukung data dalam penulisan karya ilmiah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Fasilitas “Taman Hujan” ini adalah teknologi aplikatif dengan menggabungkan unsur tanaman air (*aquatic vegetation*), media filter dan air limbah di dalam suatu lahan dengan semaksimal mungkin meresapkan air ke dalam tanah supaya selama mungkin berada di dalam suatu wilayah permukiman sehingga air dapat dikendalikan dan dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk kepentingan masyarakat. Pembuatan fasilitas ini dapat dilakukan di halaman rumah sebelum masuk ke selokan/saluran drainase utama.

4.1 Deskripsi Model dan Proses Kerja Taman Hujan

Desain model dari “Taman Hujan” secara lengkap dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Disain Tipikal Model Fisik Fasilitas “Taman Hujan” (tidak berskala)

Fasilitas “Taman Hujan” direncanakan dapat mengurangi polutan-polutan yang terdapat pada air limbah domestik. Agar dapat berjalan dengan baik maka, desain fasilitas ini dibagi kedalam 4 zona yaitu:

Zona 1: Zona awal yang disebut tangki septik tempat dimana air limbah *blackwater* akan ditampung kemudian diendapkan terlebih dahulu sehingga akan membentuk sedimen dan air. Air tersebut akan naik seiring waktu dan secara perlahan memasuki zona 2.

Zona 2: Zona ini disebut juga dengan zona *treatment* yang berisi material-material yang digunakan untuk menjernihkan air limbah yang melewatinya dengan metode gravitasi (arah aliran dari atas ke bawah).

Zona 3: Zona ini disebut juga zona *wetland* dimana tanaman air dapat tumbuh dan berfungsi tidak hanya membantu mengurangi kadar polutan pada air yang lewat tetapi juga meningkatkan nilai estetika dari fasilitas ini. Fungsi dari zona ini adalah air akan diproses secara bio-kimiawi yang terkait dengan aturan waktu penggenangan (*retention*) sehingga air tidak boleh lama tergenangnya. Zona ini direncanakan memiliki ketinggian air tertentu sehingga bila debit yang masuk (baik itu berasal dari *blackwater* yang sudah diproses, *greywater* maupun air hujan) melebihi ketinggian tertentu maka air otomatis akan masuk ke zona 4.

Zona 4: Zona ini disebut juga sebagai zona akhir dimana fungsi zona ini lebih menyerupai sumur resapan. Di dalam zona ini diletakkan juga beberapa lapisan penyaring/filter sebelum air meresap ke dalam tanah. Jenis material-material yang digunakan adalah kerikil (*gravel*), pecahan bata merah, pasir, ijuk sebagai lapisan akhir pembatas dengan tanah asli.

Adapun material-material dan manfaatnya masing-masing dalam pembuatan fasilitas “Taman Hujan” antara lain:

1. Buis beton

Material ini diperlukan sebagai wadah utama atau tempat untuk mengolah limbah secara keseluruhan baik air limbah *blackwater* maupun *greywater*.

2. Material penyaring atau media filter terdiri dari pasir dan kerikil, *zeolite*, *bio-ball*, pasir silika, karbon aktif/arang, pecahan bata merah, ijuk (*fabricated layer*), dan lapisan pembatas *geotextile*. Manfaat dari kerikil adalah sebagai agregat penyaring kotoran padat yang berukuran lebih besar besar. Manfaat dari pasir adalah mengendapkan kotoran-kotoran halus yang masih lolos dari kerikil. Sementara ijuk dapat menyerap endapan-endapan air yang membuat warna air keruh. Sementara itu, fungsi *zeolite* dapat menetralkan pH, mampu menambah oksigen atau

menaikkan kadar DO dan dapat juga untuk menghilangkan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Fungsi dari *bio-ball* adalah untuk menangkap bakteri atau mikro organisme lainnya yang terbawa. Fungsi dari pasir silika adalah untuk penjernihan dengan menyerap lumpur disamping untuk menghilangkan bau pada air limbah. Manfaat dari arang aktif berfungsi untuk menyaring/menghilangkan bau, warna, mengurangi polutan tertentu dalam air limbah. Sementara itu, manfaat dari pecahan bata merah adalah sebagai substrat tanaman air. Tanaman/vegetasi air (*aquatic vegetation*) seperti *giant papyrus*, melati air, dan lain sebagainya yang dari hasil pengujian awal terbukti mampu mengurangi kadar polutan sehingga sangat tepat digunakan pada zona 3.

3. Material media filter baik pada zona 2, 3 dan 4 disusun berlapis dari paling atas kebawah sehingga air limbah yang sudah bercampur air hujan dapat disaring terlebih dahulu sebelum berinfiltrasi ke dalam tanah. Dalam pengolahan dan manajemen air limbah itu sendiri, terdapat beberapa parameter kualitas yang digunakan yang dikelompokkan menjadi tiga, yaitu parameter organik, karakteristik fisik, dan kontaminan spesifik. Parameter organik merupakan ukuran jumlah zat organik yang terdapat dalam limbah. Parameter ini seperti % Dissolved Oxygen (%DO), *total organic carbon* (TOC), *chemical oxygen demand* (COD), *biochemical oxygen demand* (BOD), minyak dan lemak (O&G). Karakteristik fisik dalam air limbah dapat dilihat dari parameter total suspended solids (TSS), pH, temperatur, warna, bau, dan potensial reduksi (ORP). Sedangkan kontaminan spesifik dalam air limbah dapat berupa senyawa organik atau inorganik. Adapun beberapa material media filter yang digunakan dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Contoh Zeolite yang Digunakan

(Sumber foto:koleksi pribadi)



Gambar 4.3 Contoh Carbon Aktif yang Digunakan

(Sumber foto:koleksi pribadi)



Gambar 4.4 Contoh Pasir Silika yang Digunakan

(Sumber foto:koleksi pribadi)



Gambar 4.5 Contoh Melati Air yang Digunakan

(Sumber foto: <http://www.smgrowers.com>)



Gambar 4.6 Contoh Tanaman Air *Giant Papyrus*

(Sumber foto: http://www.smgrowers.com/products/plants/plantdisplay.asp?plant_id=2986)

4.2 Prosedur Penerapan dan Cara Pembuatan

Mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan, maka fasilitas “Taman Hujan” juga menggunakan batasan-batasan/syarat-syarat tersebut dengan penambahan beberapa hal yang harus dipertimbangkan. Batasan-batasan tersebut yaitu :

1. Fasilitas harus berada pada lahan yang datar, tidak pada tanah berlereng, curam atau labil.
2. Fasilitas harus dijauhkan dari tempat penimbunan sampah dan berjarak minimum satu meter dari pondasi bangunan.
3. Penggalan fasilitas bisa sampai tanah berpasir atau maksimal dua meter di bawah permukaan air tanah. Kedalaman muka air (*water table*) tanah minimum 1,50 m pada musim hujan.
4. Struktur tanah harus mempunyai permeabilitas tanah (kemampuan tanah menyerap air) lebih besar atau sama dengan 2.0 cm per jam (artinya, genangan air setinggi 2 cm akan teresap habis dalam 1 jam), dengan tiga klasifikasi, yaitu :
 - Permeabilitas sedang, yaitu 2.0 – 3.6 cm per jam.
 - Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu 3.6 – 36 cm per jam.
 - Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm per jam.

Sementara itu, cara pembuatan fasilitas “Taman Hujan” cukup sederhana, yaitu sebagai berikut :

1. Tentukan lokasi
2. Menggali tanah seluas minimal 1 m persegi dengan kedalaman minimal 3 m.
3. Pasang buis beton.
4. Lakukan penyucian material-material yang akan digunakan.
5. Masukkan material-material yang akan digunakan ke dalam fasilitas
6. Rapihkan dan bentuk taman seperti yang diinginkan (tahap *finishing*)

Pada penelitian sebelumnya, dipersiapkan sebuah mini model dari fasilitas ini hanya belum dimodifikasi atau ditambah manfaatnya (Gambar 4.7). Pada penelitian kali ini, fasilitas atau desain model yang ditawarkan ditambah pemanfaatannya dan ditingkatkan efektivitasnya sehingga hasil yang didapat jauh lebih baik dari sebelumnya.



Gambar 4.7 Mini Model dan Arah Aliran Air Limbah

BAB V PENUTUP

Dari uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa fasilitas “*Taman Hujan*” merupakan fasilitas pengolahan air limbah terpadu (baik *blackwater*, *greywater* maupun air hujan) yang efektif di dalam konteks menciptakan inovasi teknologi tepat guna penanganan masalah air limbah domestik yang terjadi di wilayah permukiman terkhusus pekarangan rumah. Dari hasil pengujian awal dan studi pustaka diketahui bahwa fasilitas ini dapat mengurangi beban pencemaran akibat limbah domestik pada badan air dan/atau air tanah sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan kualitas lingkungan. Disamping itu, keunggulan dari fasilitas ini adalah tingginya nilai estetika lingkungan karena terbentuknya ekosistem alamiah seperti taman. Fasilitas ini terbilang muti-fungsi dan secara ekonomis dapat dianggap lebih murah bila dibandingkan dengan pembuatan sarana/alat secara satu per satu seperti sumur resapan, tangki septik (*septic tank*), bioretensi atau *wetland* dan penjernihan air. Saran yang diberikan adalah diperlukan penelitian lanjut dalam menentukan dimensi dan ukuran dengan mempertimbangkan jumlah orang dan luas lahan yang tersedia untuk dijadikan masukan bagi para pemangku kebijakan (*stakeholders*) dalam membuat regulasi. Lebih jauh lagi, diperlukan juga penelitian terhadap kearifan lokal sehingga pemanfaatan fasilitas ini juga dapat diterima secara luas di berbagai wilayah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- DEAKIN, M. & REID, A. 2014. Sustainable urban development: Use of the environmental assessment methods. *Sustainable Cities and Society*, 10, 39-48.
- DIWEKAR, U. M. & SHASTRI, Y. N. 2010. Green process design, green energy, and sustainability: A systems analysis perspective. *Computers & Chemical Engineering*, 34, 1348-1355.
- FOO, K. Y. 2013. A vision on the role of environmental higher education contributing to the sustainable development in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 61, 6-12.
- LEE, S.-C. & SHIH, L.-H. 2011. Enhancing renewable and sustainable energy development based on an options-based policy evaluation framework: Case study of wind energy technology in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2185-2198.
- PUIG, M., WOOLDRIDGE, C. & DARBRA, R. M. Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development. *Marine Pollution Bulletin*.
- SIANIPAR, C. P. M., YUDOKO, G., ADHIUTAMA, A. & DOWAKI, K. 2013. Community Empowerment through Appropriate Technology: Sustaining the Sustainable Development. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 1007-1016.
- XING, Y., LIANG, H. & XU, D. 2013. Sustainable Development Evaluation of Urban Traffic System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 496-504.