

Review Pengolahan Air Limbah Domestik di Beberapa Kota di Indonesia

Review Domestic Waste Water Management in Several City in Indonesia

Romy Solichin¹, Putri Anggun Sari²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹romsolichin26@gmail.com, ²poetrispt@pelitabangsa.ac.id

Abstract

Pollution of groundwater in several cities in Indonesia tends to increase. The increasing population causes the need for clean water and community activities to increase so that it has an impact on increasing the amount of domestic wastewater produced. Domestic wastewater treatment systems that are carried out still tend to be less sustainable. There are still many test parameters that are not in accordance with the domestic wastewater quality standards. For this reason, setting priority strategies to achieve the objectives of the domestic wastewater management development program and formulating strategies for developing domestic wastewater management, both reducing water pollution levels, development financing, technology selection, handling social problems, land provision, institutional development and increasing community participation, necessary for the sustainability of domestic wastewater management.

Keywords: domestic waste, waste water treatment system.

Abstrak

Pencemaran air permukaan tanah di beberapa kota di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Semakin meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan air bersih dan kegiatan masyarakat bertambah sehingga berdampak pada peningkatan jumlah air limbah domestik yang dihasilkan. Sistem pengolahan air limbah domestik yang dilakukan masih cenderung kurang berkelanjutan. Masih banyak parameter-parameter uji yang ternyata tidak sesuai dengan baku mutu air limbah domestik. Untuk itu penetapan strategi prioritas guna mencapai tujuan program pengembangan pengelolaan air limbah domestik serta perumuskan strategi pengembangan pengelolaan air limbah domestik, baik penurunan tingkat pencemaran air, pembiayaan pengembangan, pemilihan teknologi, penanganan masalah sosial, penyediaan lahan, pengembangan kelembagaan serta peningkatan peran serta masyarakat, perlu dilakukan untuk keberlanjutan pengelolaan air limbah domestik.

Kata kunci: Limbah Domestik, Pengolahan Air Limbah.

Pendahuluan

Populasi meningkat dengan peningkatan pertumbuhan perkotaan dan sayangnya diikuti juga dengan peningkatan polusi [1]. Air adalah sumber daya paling melimpah di planet ini terdiri dari sekitar 70 persen massa bumi. Namun, mengakses air bersih telah menjadi masalah untuk dunia untuk waktu yang lama [2][3]. Sebagian besar populasi planet ini tidak memiliki akses ke air bersih dan sehat [4]. Selanjutnya angka kematian dari air yang terkontaminasi telah meningkat, selama bertahun-tahun, karena semakin banyak dan lebih banyak orang meninggal setiap hari karena meminum air yang tidak sehat. Pencemaran air, menurut definisi, adalah kontaminasi yang tersedia air oleh polutan atau bahan asing yang menyebabkan kematian dan penyakit hewan ternak, kehidupan air dan manusia [5].

Pencemaran air yang terjadi di kota-kota besar di Indonesia telah menunjukkan kecenderungan yang semakin meningkat, sehingga menyebabkan tingginya tingkat pencemaran air tanah maupun air permukaan. Pencemaran yang terjadi disebabkan oleh kegiatan manusia yang menghasilkan limbah cair serta masyarakat yang membuang air limbahnya langsung ke badan air, baik ke waduk, situ, saluran, kali maupun ke laut. Disamping itu, yang tak kalah besar pengaruhnya adalah adanya buangan air limbah domestik yang berasal dari rumah tangga langsung ke kali atau meresapkannya kedalam tanah secara tidak terkendali. Kondisi ini diperparah lagi dengan rendahnya kesadaran masyarakat untuk menjaga lingkungannya [6].

Air limbah domestik yang langsung dibuang ke dalam ekosistem perairan umumnya akan mempengaruhi air yang

ada pada ekosistem penerimanya, bahkan pada akhirnya akan berakibat pada berubahnya komposisi kandungan zat yang ada di dalamnya atau dengan kata lain akan mengakibatkan terjadinya pencemaran pada ekosistem perairan penerimanya [7]. Limbah dalam jangka panjang atau jangka pendek akan membuat timbulnya penyakit dan dampak lain terhadap lingkungan. Oleh karena itu diperlukan adanya sistem pengelolaan limbah domestik yang berkelanjutan. Review ini bertujuan untuk mengetahui berbagai macam cara pengelolaan limbah domestik di beberapa kota di Indonesia diantaranya Jakarta, Denpasar, dan Bogor.

Metode Penelitian

Sistem pengolahan air limbah di Indonesia sendiri terdapat banyak macamnya, seperti Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik melalui proses biologi dengan teknologi MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) di salah satu waduk di Jakarta. Teknologi MBBR merupakan salah satu unit pengolahan biologis yang memanfaatkan biofilm atau mikroorganisme yang tumbuh pada media.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar merupakan salah satu usaha pengolahan air limbah yang dibangun guna mengolah limbah rumah tangga yang dipusatkan pada daerah sekitar Denpasar, Sanur, dan Kuta dengan pembangunan Denpasar Sewerage Development Project (DSDP). Pengolahan air limbah pada IPAL Suwung tersebut dilakukan secara biologis dengan menggunakan sistem lagoon. Airlimbah yang telah diolah kemudian dialirkan melalui saluran air (badan air) menuju ke hutan mangrove [8].

Teknologi pengelolaan air limbah domestik di kawasan perkotaan yang secara luas diterapkan di Indonesia yaitu decentralized wastewater treatment systems (DEWATS) melalui program sanimas (sanitasi berbasis masyarakat). Penerapan sanitasi berbasis masyarakat di Kota Bogor sudah terealisasi dengan dibangunnya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal. Seluruh IPAL komunal di Kota Bogor menggunakan konfigurasi anaerobic baffle reactor (ABR) sebagai unit pengolahnya. Pengolahan air limbah dengan ABR sangat cocok untuk negara tropis seperti Indonesia yang suhunya tinggi hampir setiap waktu dan kondisinya mendukung untuk proses anaerobik. Konfigurasi ABR diketahui relatif stabil terhadap tekanan hidraulik dan kondisi dimana terjadi pemasukan bahan organik secara mendadak [9].

Peneliti menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan analisis sampel air pengolahan limbah domestik dengan parameter Total Suspended Solid (TSS) atau residu tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), minyak dan lemak, pH, amonia total dan total koli berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) No. 68 Tahun 2016. Secara rinci baku mutu air limbah domestik tersendiri sebagaimana dimaksud adalah sebagaimana teruang dalam Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air limbah domestik.

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 – 9
BOD	Mg/L	30
COD	Mg/L	100
TSS	Mg/L	30
Minyak dan lemak	Mg/L	5
Amoniak	Mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/10 0 mL	3000
Debit	L./Orang / Hari	100

Hasil dan Pembahasan

Instalasi pengolahan air limbah domestik di Waduk “X”, Jakarta, dapat mengolah parameter atau kandungan residu tersuspensi (TSS), BOD, COD, amonia total, minyak dan lemak serta nilainya memenuhi baku mutu limbah domestik berdasarkan Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016, baik musim kemarau maupun di musim penghujan.

Pengambilan sampel air limbah dilakukan sebanyak 2 kali satu tahun (pada tahun 2018), mewakili musim kemarau (Agustus) dan musim penghujan (November). Pengambilan sampel pada 2 (dua) musim tersebut adalah untuk mengetahui apakah IPAL berfungsi dengan baik pada musim kemarau dan musim hujan, hal ini dikarenakan

pada musim hujan hasil pengolahan biasanya terlihat lebih baik dikarenakan adanya pengenceran dari air hujan, sedangkan hasil sebaliknya biasanya terlihat pada musim kemarau.

Tingkatan efisiensi kinerja IPAL tahun 2018 sama seperti tahun 2017, yaitu masih termasuk dalam kategori cukup efisien hingga sangat efisien dalam mengolah parameter residu tersuspensi (TSS), BOD, COD, amonia total, minyak dan lemak. Pada tahun 2018 nilai efisiensinya sedikit mengalami penurunan antara 0,70– 14,64% di musim hujan dan 9,68 – 34,82% di musim kemarau dengan pengecualian untuk parameter amonia total mengalami kenaikan persen efisiensi sebesar 0,16%. Penurunan persen efisiensi dapat disebabkan karena kurangnya perawatan IPAL berupa pengurasan, penggantian media MBBR yang telah jenuh, durasi pemeliharaan jaringan perpipaan dan bak kontrol seperti membersihkan kotoran atau penyumbatan pipa, dan kurang optimalnya waktu tinggal dalam sistem pengolahan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) [10].

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar dengan menggunakan sistem lagoon dimana air limbah yang telah diolah dialirkan melalui saluran air (badan air) menuju ke hutan mangrove. Peneliti menggunakan metode observasi pada proses pengolahan air limbah di IPAL dan pengukuran efektivitas pengolahan air limbah. Penentuan lokasi penelitian menggunakan metode Purposive Sampling yaitu penentuan sampel (daerah penelitian) berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu yaitu karakteristik bahan baku limbah yang masuk ke IPAL, efektivitas pada tiap proses pengolahan air limbah, dan hasil setelah proses pengolahan limbah tersebut berjalan. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali yaitu awal Bulan Maret, akhir Bulan Maret, dan awal Bulan April. Waktu pengambilan sampel disesuaikan dengan waktu tinggal air limbah pada IPAL Suwung Denpasar yaitu selama 2 hari pada kolam aerasi dan 16 jam pada kolam sedimentasi.

IPAL memiliki 2 kolam aerasi dengan volume masing-masing 52.889 m³ dan 42.169 m³ dan keduanya memiliki kedalaman sekitar 4 meter dengan menggunakan 21 aerator mekanik berupa surface aerator untuk membantu mekanisasi pasokan oksigen terlarut di dalam air. Namun sampai saat ini terdapat 10 aerator yang rusak karena kurangnya penyaringan sampah, sehingga menghambat kinerja yang mengakibatkan konslet. Limbah akan mengalami proses selama dua hari dan selanjutnya akan mengalir ke kolam sedimentasi. Kolam sedimentasi terdiri dari 2 kolam yang merupakan lanjutan dari masing-masing kolam aerasi dengan volume 24.371 m³ dan 24.273 m³ yang memiliki kedalaman 1,7 m dan ruang lumpur 0,7 m. Fungsi dari kolam sedimentasi adalah untuk memisahkan air limbah dengan padatan larutan total (TSS) yang berlangsung sekitar 16 jam. Kolam aerasi dan kolam sedimentasi dilapisi geomembrane dan geotextile untuk menghindari rembesan air limbah keluar dari kolam. Air dari proses sedimentasi akan dialirkan ke kanal effluent yang merupakan saluran air hasil pengolahan yang menuju badan perairan. Efektivitas pengolahan air limbah domestik di IPAL dalam penelitian ini dapat dilihat melalui beberapa parameter kualitas air sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah dan Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut. Dari hasil perhitungan influent dan effluent air limbah diperoleh tingkat efektivitas dari proses pengolahan di IPAL (Tabel 2).

Tabel 2. Efektivitas Pengolahan Air Limbah di IPAL

Parameter	Rata-Rata Influent (T1)	Rata-Rata Effluent (T6)	Baku Mutu I	Baku Mutu II	Persentase Efektivitas	Efektivitas
Suhu	30.34	30.40		28-32	0%*	Efektif
pH	7.58	7.87	6 - 9	7 – 8,5	0%*	Efektif
DO	1.41	2.83		>5	0%	Tidak Efektif
BOD	169.83	73.02	100	20	57%	Efektif
TSS	93.00	68.40	100	≥80	26%	Efektif
Minyak & Lemak	0.65	0.05	10		85%	Efektif
Amoniak	19.50	14.34		0,3	26%	Tidak Efektif
Deterjen	0.34	0.13		1	62%	Efektif
Sulfida	0.28	17.84		0,01	0%	Tidak Efektif

Keterangan

- * : Suhu dan pH efektif karena konstan dan sesuai dengan baku mutu I : Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Domestik
- II : Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut pada Mangrove

Proses air limbah domestik pada IPAL Suwung-Denpasar efektif dalam perbaikan minyak dan lemak sebanyak 85%, deterjen sebanyak 62%, dan BOD sebanyak 57%, sedangkan tidak efektif dalam perubahan kadar amoniak karena hanya berkurang 26%, DO, dan hidrogen sulfida yang tidak sesuai dengan baku mutu lingkungan. [8]

Instalasi Pengolahan Air Limbah di Kota Bogor pada sistem IPAL komunal yaitu dengan menggunakan konfigurasi anaerobic baffle reactor (ABR) sebagai unit pengolahnya. Peneliti melakukan penelitian pada bulan November 2017 sampai dengan Januari 2018, dengan mengambil sampel air limbah sebanyak 6 sampel dari 3 efluen IPAL komunal (setiap lokasi dilakukan pengambilan sampel sebanyak dua kali pada jam yang sama dan hari yang berbeda). Lokasi IPAL komunal tersebut adalah IPAL komunal dan MCK++ dari Kelompok Swadaya Masyarakat/ KSM Amanah (Kelurahan Sindangsari, Kecamatan Bogor Timur), KSM Rosella (Kelurahan Pamoyanan, Kecamatan Bogor Selatan), dan KSM Cipendek Indah (Kelurahan Bubulak, Kecamatan Bogor Barat).

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa teknologi ABR mampu menurunkan parameter air limbah (BOD, TSS, minyak dan lemak) dengan efektifitas yang tinggi. ABR dapat secara efektif menurunkan kadar TSS sampai 91%, BOD dapat diturunkan sampai 78%, dan kadar COD dapat turun mencapai 77%. IPAL komunal terbangun tidak selamanya mempunyai kinerja yang optimal dalam menurunkan kadar polutan air limbah domestik. Penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa parameter efluen IPAL komunal yang tidak memenuhi baku mutu. Air limbah domestik yang tidak memenuhi baku mutu tersebut apabila dibuang ke lingkungan dapat menambah beban pencemaran. Sebagai upaya pengendalian pencemaran, kualitas efluen IPAL komunal dipantau setiap satu tahun sekali oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor. Efluen yang dipantau sebanyak 40 efluen dari total 52 IPAL komunal yang terbangun. Pemantauan efluen ini hanya berhenti pada hasil uji kualitas air limbah yang memenuhi baku mutu atau tidak memenuhi baku mutu, belum disertai dengan perbaikan pengolahan di lapangan. Secara umum efluen dari IPAL komunal di Kota Bogor dibuang ke perairan sungai dan saluran drainase lainnya serta belum dimanfaatkan kembali (reuse). Evaluasi pengolahan air limbah domestik dari IPAL komunal diharapkan dapat menjadi masukan untuk optimalisasi pengolahan IPAL komunal sehingga menghasilkan kualitas efluen yang lebih baik.

Pengolahan air limbah studi kasus di China dengan sistem pengolahan ekologi infiltrasi bawah tanah mendistribusikan limbah ke lapisan tanah bawah tanah dengan struktur tertentu dan kinerja difusi yang baik. Limbah bergerak ke sekitarnya dan ke bawah melalui infiltrasi kapiler tanah dan infiltrasi tanah, di dalam tanah, mikroorganisme dan sistem tanaman. Di bawah fungsi pemurnian komprehensif, jenis proses pengolahan limbah yang memenuhi persyaratan pengolahan dan pemanfaatan. Sistem pengolahan ekologi banjir permukaan menggunakan distribusi air permukaan atau penyemprotan tekanan rendah dan tekanan tinggi untuk mengontrol distribusi limbah ke lereng dengan padang rumput abadi, lereng landai, dan permeabilitas tanah rendah, sehingga limbah mengalir perlahan di sepanjang lereng di permukaan dan jenis proses pengolahan limbah yang dapat sepenuhnya dimurnikan. Tujuan proses dari sistem pengolahan meliputi pengolahan langsung limbah, pemrosesan ulang atau pengolahan lanjutan limbah setelah proses buatan atau lainnya, menggunakan limbah untuk membuat cagar alam lahan basah, dan menyediakan habitat ekologis yang berharga bagi komunitas liar. Dalam sistem pengolahan ini, sebagian dari limbah campuran diserap oleh komponen remediasi dan sebagian bahan pencemar dalam proses infiltrasi lapisan bawah tanah

diserap oleh media tanah, atau dimanfaatkan atau difiksasi oleh akar tanaman remediasi, atau diubah oleh mikroorganisme di dalam tanah, dan didegradasi menjadi tidak beracun.[11]

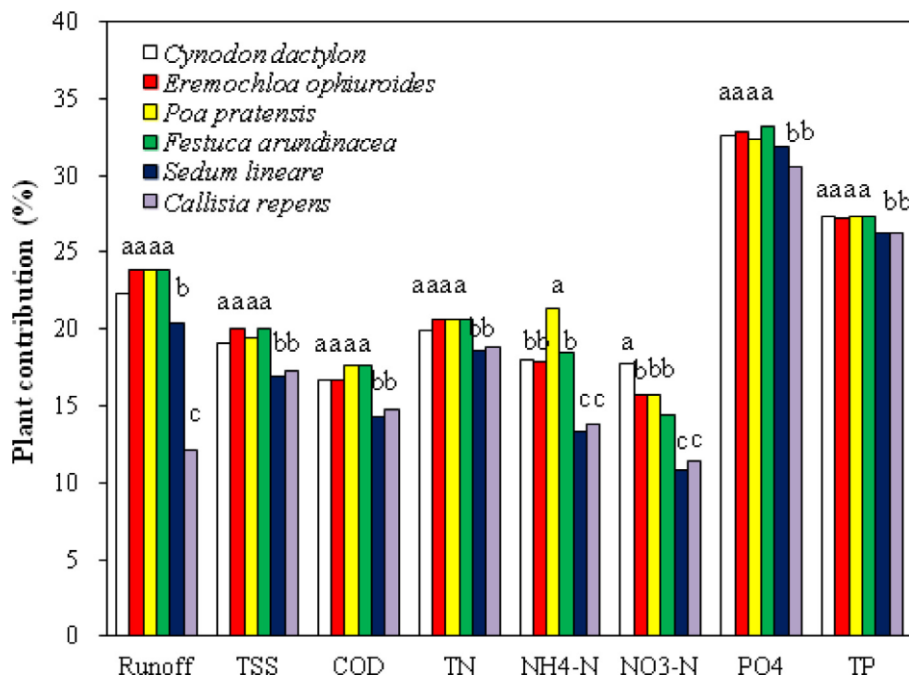
Jumlah instalasi pengolahan air limbah skala menengah di Cina menyumbang 75% dari jumlah total 3836. Rata-rata, instalasi skala menengah mencapai efisiensi penyisihan COD sebesar 85,5%. Sekitar 30% instalasi pengolahan air China menggunakan parit oksidasi, 16,2% menggunakan proses anaerobik/ anoksik/oksik, 10% menggunakan lumpur aktif, 8,2% menggunakan proses anaerobik, dan 6,8% menggunakan reaktor batch sequencing. Penebalan, dehidrasi, dan akhirnya membuang lumpur di tempat pembuangan sampah adalah bagian dari proses pengolahan lumpur.[12]

Penggunaan teknologi Micro Nano Bubble (MNB) dalam pengolahan air limbah dapat menjadi teknik yang efektif karena karakteristik gelembungnya yang khusus, seperti gelembung gas berukuran kecil, luas permukaan yang lebih tinggi, kecepatan naik yang lambat, potensi zeta bermuatan negatif, generasi bebas radikal, stabilitas, dan sebagai hasilnya kemungkinan besar untuk berhasil melekat pada partikel tersuspensi. Penerapan MNB dalam pengolahan air limbah memerlukan laju perpindahan massa yang lebih tinggi yang mengarah pada tingginya persentase pengolahan menggunakan udara, oksigen, dan ozon. Beberapa penelitian telah dilakukan pada proses ozonasi dan flotasi, yang mencakup berbagai sumber air limbah, yang telah mengkonfirmasi peningkatan perpindahan massa ketika gelembung berukuran kecil yang lebih stabil digunakan. MNB berhasil menghilangkan organik, anorganik, minyak, warna, jamur dan bakteri, logam berat, nitrogen total, dan total fosfor yang ada dalam air limbah. Namun, beberapa kontaminan masih memerlukan pemeriksaan tambahan untuk efisiensi penyisihannya saat menggunakan teknologi MNB, seperti munculnya senyawa organik dan logam berat yang lebih berbahaya, yang mengancam kesehatan manusia. Lebih-lebih lagi, NB dapat memainkan peran penting dalam nexus limbah energi elektrokimia di mana gas terlibat langsung, seperti oksidasi-reduksi dan produksi hidrogen. Oleh karena itu, disarankan untuk mengeksplorasi penerapan NBs dalam sel bahan bakar elektrokimia. Studi lebih lanjut diperlukan untuk menguji kemandirian menggabungkan perawatan fisiokimia, seperti adsorpsi, pertukaran ion, filtrasi dengan MNB, dan proses aerasi di bidang pengolahan air limbah. Oleh karena itu, menggunakan MNB dapat memberikan metode ramah lingkungan untuk pengolahan air limbah melalui pembentukan radikal bebas dan ada potensi besar untuk aplikasi baru yang akan ditemukan dan dieksplorasi. Itu juga bisa memberikan pengganti untuk proses mahal yang saat ini digunakan untuk pengolahan air limbah.[13]

Penelitian pada sistem pengolahan air limbah domestik terdesentralisasi yang dipasang dan diuji di Universitas Kathmandu (KU), Nepal, menunjukkan efisiensi penyisihan COD, TSS, dan FC yang tinggi masing-masing sekitar 93%, 87%, dan 93%. Tempat pengolahan ini terdiri dari tiga langkah utama, tangki septik, reaktor anaerobik (UASB) dan filter pasir, yang semuanya berkontribusi signifikan terhadap pembuangan organik dan fecal coliform (FC). Saringan pasir berkontribusi secara signifikan terhadap pembuangan keseluruhan dan juga menstabilkan kualitas efluen pada tingkat yang dapat diterima (TSS < 110 mg/L dan COD < 210 mg/L). Efisiensi perawatan yang diamati serupa dengan yang dilaporkan untuk sistem perawatan pasca-UASB gabungan yang membutuhkan lebih banyak ruang. Sistem gabungan saringan pasir ST-UASB yang diselidiki cukup untuk mengolah limbah dari lima orang keluarga. Masalah utama yang tersisa untuk pengembangan lebih lanjut adalah bahaya kesehatan dari patogen yang tersisa di air yang diolah dan terakumulasi di lapisan atas saringan pasir, yang perlu diganti secara teratur. Lapisan pasir atas filter perlu diganti setiap dua hingga tiga bulan untuk mempertahankan kinerja yang baik. Prosedur yang amandiperlukan dan diusulkan untuk menggunakan kembali air yang diolah dan nutrisinya untuk menumbuhkan tanaman. Sistem gabungan yang teruji dapat menjadi pilihan yang paling kompak dan terjangkau untuk sanitasi di tempat yang efektif di negara-negara berkembang seperti Nepal dan dapat berkontribusi secara signifikan untuk penggunaan kembali air yang lebih aman sambil menggunakan kembali nutrisi dan potensi energi dari air limbah domestik di tempat-tempat yang kekurangan sumber daya dan infrastruktur sebagai solusi yang lebih baik.[14]

Tanaman Atap hijau (green roof plant) merupakan salah satu solusi berbasis alam untuk memberikan manfaat lingkungan dan sosial bagi pembangunan perkotaan yang berkelanjutan. Tanaman Atap hijau yang diairi dengan air limbah domestik tidak hanya menjadi solusi sumber air irigasi tetapi juga sebagai pengolahan air limbah. Penyisihan polutan oleh tanaman atap hijau dengan spesies tanaman C4 (*Eremochloa ophiuroides* dan *Cynodon dactylon*), C3 (*Poa pratensis* dan *Festuca arundinacea*), dan CAM (*Sedum lineare* dan *Callisia repens*) ketika diairi dengan air limbah domestik menunjukkan bahwa atap hijau menghilangkan 79,27~97,38% dari total padatan tersuspensi, 79,94~98,92% kebutuhan oksigen kimiawi (COD), 65,26~90,52% total nitrogen, 83,32~96,31% amonium nitrogen, 77,83~93,97% nitrogen nitrat, dan 93,77~98,94% dari total fosfor, masing-masing seperti pada gambar 1. Tanaman C4 dan C3 memberikan kontribusi pengurangan yang lebih baik, penghilangan nitrogen total, kebutuhan oksigen kimiawi, nitrogen total, nitrogen amonium, nitrogen nitrat, fosfat, dan fosfor total dibandingkan tanaman CAM. Kualitas air yang ditunjukkan oleh kebutuhan oksigen kimia, nitrogen total, nitrogen amonium, dan fosfor total dari efluen memenuhi batas pembuangan air limbah domestik yang diterima secara luas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa atap hijau dapat dirancang untuk pengolahan air limbah rumah tangga secara ekologis pada skala rumah tangga dan total fosfor dari efluen memenuhi batas pembuangan air limbah domestik yang diterima secara luas [15].

Gambar 1. Persentase penghilangan polutan oleh tumbuhan atap hijau.



Kesimpulan

Instalasi pengolahan air limbah domestik di beberapa kota di Indonesia masih perlu dikembangkan dalam rangka menekan angka pencemaran air, baik air permukaan maupun air tanah. Sistem pengolahan air limbah di Jakarta dengan sistem MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) dengan kapasitas 7 Liter/detik. Tujuan dari penerapan IPAL tersebut adalah untuk memperbaiki kualitas air dan menurunkan beban pencemaran sebesar 937,48 kg/hari dari keseluruhan beban limbah penduduk yang masuk ke waduk 'X' yaitu 7.536,1 kg/hari. Teknologi MBBR merupakan salah satu unit pengolahan biologis yang memanfaatkan

biofilm atau mikroorganisme yang tumbuh pada media. Media-media tersebut memiliki luas permukaan yang besar untuk mengoptimalkan kontak antara air limbah, udara dan mikroorganisme.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar merupakan salah satu usaha pengolahan air limbah untuk pusat pengelolaan limbah dari daerah sekitar Denpasar, Sanur, dan Kuta. Hasil penelitian menunjukkan persentase pengolahan limbah efektif dalam perbaikan minyak dan lemak, deterjen, dan BOD, sedangkan tidak efektif dalam perubahan amoniak, DO dan H₂S yang tidak sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Beberapa parameter efluen dari IPAL komunal yang telah beroperasi di Kota Bogor teridentifikasi melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sebagai upaya meningkatkan kualitas efluen maka diperlukan optimalisasi pengelolaan fasilitas IPAL komunal.

Daftar Rujukan

- [1] Sunday A. Afolalu, Omolayo M. I., Temitayo S. O., Resaq A. K., Adebayo T.O., Waste Pollution, waste water and effluent treatment methods- An overview, materialstoday : Proceedings, Vol. 62, Part 6, 2022, pages 3282-3288
- [2] Kumar Reddy, D.H. Lee, S.M. 2012. Water pollution and treatment technologies, J. Environ Anal Toxicol 2, e103
- [3] Ngene, B.U., Nwafor, C.O., Bamigboye, G.O., Ogbiye, A.O., Ogundare, J.O., Akpan, E.V., 2021. Assessment of water resources development and exploitation in Nigeria: a review of integrated water resources management approach. Heliyon 7, 05955.
- [4] Cisneros, B., 2011. Water-pollutant. Retrieved from ScienceDirect: <https://www.science-direct.com/topics/earth-and-planetary-sciences/water-pollutant>.
- [5] Francis B.E., Oluranti A., Ashiekaa D.V., Gideon O.B., Insight on the advanced separation processes in water pollution analyses and wastewater treatment-A Review, South African J. of chemical engineering 42, 2022, pages 188-200.
- [6] S. Mahendra dan S. Wirawan, "Kajian Kualitatif Pengolahan Air Limbah di Jakarta."
- [7] M. Azhar, R. Alfaroby, dan E. Wardhani, "Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Aliran Sungai Cibabat, Kota Cimahi," *Serambi Engineering*, vol. VI, no. 2, 2021.
- [8] D. M. G. Rarasari, I. W. Restu, dan N. M. Ernawati, "Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali," *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, vol. 5, no. 2, hlm. 153, Okt 2018, doi: 10.24843/jmas.2019.v05.i02.p01.
- [9] D. Susanthi, M. J. Yanuar Purwanto, P. Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, S. Pascasarjana, dan I. Pertanian Bogor, "Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor Evaluation of Domestic Wastewater Treatment Using Communal WWTP in Bogor City," 2018.
- [10] D. S. Lestari, "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (Studi Kasus Waduk X di Jakarta)," *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, vol. 16, no. 2, hlm. 91–102, Nov 2020, doi: 10.32679/jsda.v16i2.653.
- [11] Z. Li *dkk.*, "Distributed treatment of rural environmental wastewater by artificial ecological geographic information system," *J King Saud Univ Sci*, vol. 34, no. 3, Apr 2022, doi: 10.1016/j.jksus.2021.101806.
- [12] Y. Bo dan W. Wen, "Treatment and technology of domestic sewage for improvement of rural environment in China," *J King Saud Univ Sci*, vol. 34, no. 7, Okt 2022, doi: 10.1016/j.jksus.2022.102181.

- [13] M. Sakr *dkk.*, “A critical review of the recent developments in micro–nano bubbles applications for domestic and industrial wastewater treatment,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 8. Elsevier B.V., hlm. 6591–6612, Agu 01, 2022. doi: 10.1016/j.aej.2021.11.041.
- [14] S. P. Lohani, S. N. Khanal, dan R. Bakke, “A simple anaerobic and filtration combined system for domestic wastewater treatment,” *Water-Energy Nexus*, vol. 3, hlm. 41–45, 2020, doi: 10.1016/j.wen.2020.03.004.
- [15] L. Liu, J. Cao, M. Ali, J. Zhang, dan Z. Wang, “Impact of green roof plant species on domestic wastewater treatment,” *Environmental Advances*, vol. 4, Jul 2021, doi: 10.1016/j.envadv.2021.100059.