

Sintesis Penelitian Terkini tentang Fluktuasi Kualitas dan Kuantitas Air Limbah Domestik

PUTRI CYLVYA AMANDA¹, MOHAMAD RANGGA SURURI²

1,2. Prodi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email : putricylvya.amanda03@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik konsumsi, fluktuasi kualitas, dan kuantitas air limbah domestik di Indonesia. Metode penelitian melibatkan analisis data dari beberapa artikel jurnal nasional dan internasional yang membahas topik tersebut. Dalam konteks konsumsi air limbah, ditemukan bahwa perkotaan memiliki tingkat konsumsi yang memenuhi standar minimum 100 liter/orang/hari, sementara di pedesaan masih di bawah standar. Faktor pendapatan tinggi di perkotaan menjadi penyebab utama perbedaan konsumsi. Pentingnya aksesibilitas tercermin dalam perbedaan konsumsi, di mana rumah tangga yang terhubung ke perusahaan air memiliki konsumsi lebih tinggi. Analisis fluktuasi kualitas air limbah domestik menunjukkan variasi parameter seperti COD, BOD, TN, dan TP, tergantung pada aktivitas harian dan jenis limbah. Fluktuasi kuantitas air limbah domestik juga ditemukan, dengan beberapa kota menghadapi tantangan dalam manajemen limbah dan kurangnya infrastruktur yang optimal. Manajemen air limbah di Indonesia perlu ditingkatkan melalui peningkatan infrastruktur, regulasi yang lebih ketat, dan pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat secara aktif.

Kata kunci: Air Limbah, Domestik, Fluktuasi, Kualitas, Kuantitas

1. PENDAHULUAN

Air limbah merupakan segala jenis air yang telah digunakan dan tercemar oleh aktivitas manusia, baik secara domestik maupun industri, yang mencakup air hasil pembuangan dari rumah tangga, pabrik, perkantoran, dan tempat lainnya. Air limbah mengandung berbagai zat pencemar seperti limbah organik, kimia, dan mikroba yang dapat merugikan lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu jenis air limbah adalah air limbah domestik. Air limbah domestik adalah jenis air limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, seperti mencuci, memasak, dan mandi. Air limbah domestik mengandung zat-zat seperti deterjen, limbah organik, dan bakteri. Sururi et. al., (2023) dalam penelitiannya menyatakan kualitas dan kuantitas air limbah domestik dapat berfluktuasi tergantung pada kebiasaan penggunaan air rumah tangga dan faktor-faktor lingkungan. Air limbah domestik yang belum dikelola dapat mencemari air permukaan, seperti sungai, danau, dan laut. Pencemaran air permukaan dapat menyebabkan menurunnya kualitas air dan mengganggu ekosistem perairan. Air limbah domestik yang belum dikelola juga dapat mencemari air tanah, yang merupakan sumber air minum bagi masyarakat.

Terdapat beragam penelitian terdahulu yang membahas air limbah domestik, mengidentifikasi dan menganalisis kualitas serta kuantitasnya yang telah menambah pengetahuan tentang faktor-faktor yang memengaruhi air limbah domestik, dan hasilnya menjadi dasar bagi pemahaman lebih lanjut dalam merumuskan strategi pengelolaan yang efektif bagi instansi terkait. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mensintesis berbagai temuan dari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang fluktuasi kualitas dan

kuantitas air limbah domestik sehingga memberikan panduan praktis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan manajemen air limbah domestik.

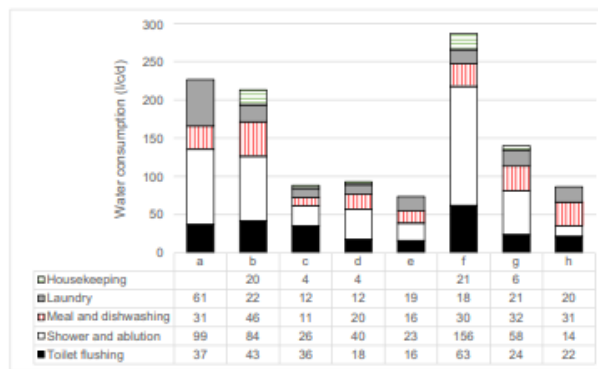
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam artikel ini didasarkan pada analisis terhadap sejumlah artikel jurnal nasional maupun internasional yang relevan dengan topik fluktuasi kualitas dan kuantitas air limbah domestik. Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dimulai dengan pemilihan artikel melalui kriteria inklusi dan eksklusi (pengecualian) untuk memastikan artikel-artikel tersebut memiliki relevansi penelitian yang solid dan fokus pada aspek-aspek penting air limbah domestik. Setelah pemilihan artikel, dilakukan sintesis data dengan mengidentifikasi pola umum, perbedaan, dan kemajuan yang muncul dari penelitian-penelitian tersebut. Metode penelitian ini dipilih karena mampu merangkum temuan-temuan yang terkandung dalam literatur terdahulu dengan cara yang komprehensif yang pada akhirnya memberikan landasan yang kuat untuk menyusun rekomendasi kebijakan dan strategi manajemen air limbah yang lebih terinformasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Konsumsi Air Limbah Domestik di Indonesia

Konsumsi air di perkotaan rata-rata sudah memenuhi standar minimum 100 liter/orang/hari, sementara di pedesaan masih di bawah standar. Faktor pendapatan tinggi di perkotaan menjadi penyebab utama perbedaan konsumsi air antara perkotaan dan pedesaan. Pentingnya aksesibilitas tercermin dalam perbedaan konsumsi air, di mana rumah tangga yang terhubung ke perusahaan air memiliki konsumsi lebih tinggi. Di kota Bandung, konsumsi air rumah tangga dengan koneksi air (190 ± 251 liter/orang/hari) mirip dengan rumah tangga dengan sumur individu (175 ± 204 liter/orang/hari), tetapi lebih tinggi daripada yang menggunakan sumur komunal (66 ± 46 liter/orang/hari). Data juga menunjukkan variasi konsumsi air di berbagai negara Asia Tenggara, dengan konsumsi termasuk antara 74 hingga 288 liter/orang/hari. Pola konsumsi air untuk toilet, mandi, dan beribadah cukup konsisten di berbagai wilayah, mencerminkan peran aksesibilitas dan pendapatan dalam pola konsumsi air di Indonesia (Widyarani et. al., 2022). Pada penelitian yang sama, disajikan perbandingan konsumsi air limbah beberapa kota di Indonesia serta kota/negara lain, tersaji pada Gambar 1 dengan Catatan: Konsumsi air untuk menyiram toilet (hitam pekat), mandi dan wudhu (putih pekat), makan dan mencuci piring (garis merah vertikal), binatu (abu-abu pekat) dan tata graha (hijau horisontal) di a, b Jakarta Metropolitan Area, kelas menengah perkotaan c Bandung, daerah kumuh perkotaan d Banjarnegara, daerah perdesaan e Chiang Mai, f Kuala Lumpur Raya g Singapura, h Hanoi.



Gambar 1 Perbandingan Karakteristik Konsumsi Air
(Sumber: Widyarani et. al., 2022)

3.2 Fluktuasi Kualitas Air Limbah Domestik

Penelitian yang dilakukan Va et.al. (2019) dengan objek gedung perkantoran di Kota Bandung menunjukkan bahwa fluktuasi konsentrasi COD dari limbah campuran menunjukkan puncak pada pukul 10 pagi sekitar 432 mg/L, sementara konsentrasi COD rendah terjadi pada pukul 4 sore sekitar 106 mg/L dengan rata-rata $\pm$ standar (252.5 ± 89). Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan konsentrasi COD setiap jam dapat disebabkan oleh aktivitas orang yang bekerja di gedung kantor. Analisis rasio BOD/COD pada limbah campuran menunjukkan variasi dari pukul 7 pagi hingga 5 sore dengan konsentrasi rata-rata sebesar 0.4. Rasio BOD/COD rendah terjadi pada pukul 10 pagi. Rata-rata rasio BOD/COD dari limbah hitam adalah 0.5, sedangkan rata-rata rasio BOD/COD dari limbah abu-abu adalah 0.2. Pada sisi lain di penelitian yang sama oleh Va et.al.(2019), analisis konsentrasi TN (Total Nitrogen) dan TP (Total Phosphorus) pada limbah campuran menunjukkan fluktuasi yang mencolok. Puncak konsentrasi TN terjadi pada pukul 7 pagi sekitar 114 mg/L, sedangkan konsentrasi rendah TN terjadi pada pukul 10 pagi sekitar 41 mg/L, dengan rata-rata $\pm$ deviasi standar (85.42 ± 24.08). Sementara itu, puncak konsentrasi TP terjadi pada pukul 11 pagi sekitar 8.2 mg/L, dan konsentrasi rendah TP terdeteksi pada pukul 7 pagi sekitar 0.99 mg/L, dengan rata-rata $\pm$ deviasi standar ($85.16 \pm 3.01 \pm 1.92$). Hasil analisis menunjukkan bahwa puncak konsentrasi COD, TN, dan TP pada limbah campuran lebih tinggi dibandingkan dengan limbah dari gedung kantor di Thailand dan limbah domestik tipikal. Perbandingan ini memberikan wawasan penting terkait karakteristik limbah kantor yang dihasilkan dan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi pengelolaan limbah yang lebih efisien.

Penelitian dengan objek kota lain yaitu Kota Cimahi yang dilakukan oleh Dirgawati et.al. (2021) menunjukkan adanya masalah serius. Beberapa parameter kualitas air limbah, seperti TSS, BOD, COD, amonia, dan kandungan minyak/lemak, semuanya melebihi batas standar yang ditetapkan oleh Permen-LHK No. 68/2016. Konsentrasi TSS yang tinggi dapat meningkatkan kekeruhan air limbah, mengurangi konsentrasi oksigen terlarut, dan menyebabkan pengendapan lumpur yang dapat mengurangi efisiensi unit pengolahan. Konsentrasi BOD dan COD yang tinggi menunjukkan keberadaan bahan organik yang signifikan, yang dapat mengurangi kualitas air dan mengganggu ekosistem perairan. Kandungan amonia yang melebihi standar juga menunjukkan adanya pencemaran dari sumber sanitasi. Begitu pula dengan konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi, yang dapat menyebabkan masalah dalam aktivitas mikroorganisme pengurai limbah.

3.3 Fluktuasi Kuantitas Air Limbah Domestik

Kuantitas pengolahan air limbah domestik menjadi perhatian utama, dengan studi-studi menunjukkan bahwa faktor-faktor yang digunakan untuk menghitung volume limbah umumnya berkisar antara 70 hingga 90% dari penggunaan air bersih. Pembuangan *blackwater* (dari toilet) diperkirakan mencapai 36–43 liter/orang/hari di perkotaan dan 18 liter/orang/hari di pedesaan. Penggunaan faktor 80% untuk konsumsi air non-toilet, perkiraan *greywater* adalah 42 liter/orang/hari di perkampungan kumuh dan 137–153 liter/orang/hari di perumahan kelas menengah perkotaan. Jumlah terakhir sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan *greywater* di perkotaan berkisar antara 60 hingga 178 liter/orang/hari. Jumlah *greywater* secara keseluruhan di Indonesia satu hingga empat kali lipat lebih tinggi daripada jumlah *blackwater*, sesuai dengan penelitian sebelumnya (Widyarani et.al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sururi et. Al. (2017) menyatakan bahwa sistem pengelolaan air limbah di Desa Tegal Kawung RT 05 RW 08 Kota Cimahi Jawa Barat melayani 37 rumah tangga dengan dilengkapi 25 ruang inspeksi yang ditempatkan pada setiap perubahan arah aliran dan perubahan kemiringan saluran. Jarak terpanjang antar ruang inspeksi adalah 48 m dan yang terpendek adalah 2 m yang ditentukan didasarkan pada kondisi tanpa masukan air limbah baru di segmen tersebut dan kemudahan membuka ruang inspeksi. Penelitian dimulai dari tangki kontrol sistem komunal dengan titik akhir di saluran masuk (inlet) septic tank (**Gambar 2**). Jaraknya adalah 27,94 m dengan diameter pipa 150 mm. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa lebih dari 75% pengguna membuang air limbah *greywater* dan *blackwater* ke sistem. Faktor pengembalian air limbah mencapai 80%, sehingga kuantitas air limbah domestik di daerah ini sekitar 107,46 L/orang/hari. Selain itu, ditemukan bahwa sistem saluran air limbah ini, meskipun memenuhi kriteria sebagai *Plug Flow Reactor* masih belum efektif.



a. tangki kontrol sistem komunal

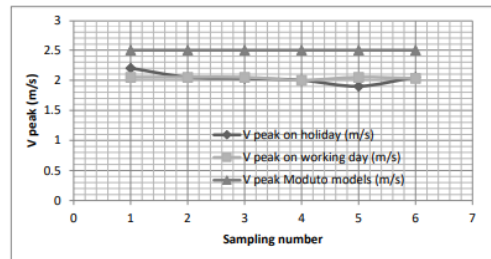


b. Greywater Wastewater

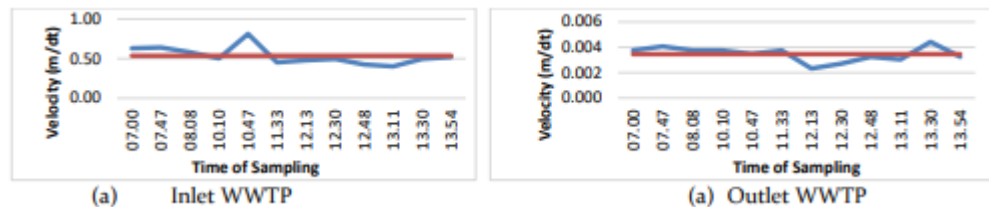
**Gambar 2 Kondisi Sistem Pengolahan Air Limbah Desa Tegal Kawung Cimahi
(Sumber: Sururi et.al., 2018)**

Pengelolaan air limbah di Kota Cimahi juga telah ditelaah lebih lanjut oleh Dirgawati et.al. (2021) yang menunjukkan kuantitas air limbah domestik di Kota Cimahi, terutama yang masuk ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sangat besar. Terdapat 10 IPAL di Kota Cimahi yang seluruhnya menghasilkan air limbah yang tidak memenuhi standar kualitas air limbah domestik. Konsentrasi parameter seperti Total Suspended Solids (TSS), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), amonia, dan minyak/lemak di dalam air limbah menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi. Kecepatan rata-rata di inlet adalah 0,54 m/detik mendekati kecepatan minimum sesuai standar yaitu 0,6 m/detik. Kecepatan tertinggi di inlet terjadi pada pukul 10:47 pagi yaitu 0,81 m/detik, kecepatan kemudian menurun di bawah rata-rata dan

mencapai minimum 0,40 m/detik pada pukul 13. Di outlet IPAL, kecepatan maksimum hanya 0,004 m/detik, sementara kecepatan maksimum outlet hanya mencapai 0,006 m/detik pada pukul 13:36. Perbedaan kecepatan aliran limbah yang diukur inlet dan outlet IPAL erat kaitannya dengan waktu retensi hidrolis. Sebagai perbandingan, fluktuasi kecepatan antara penelitian Sururi et.al. (2018) dan Dirgawati et.al. (2021) disajikan pada **Gambar 3**.



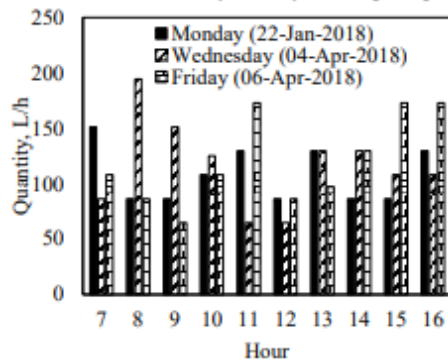
a. Kecepatan Aliran di IPAL di Desa Tegal Kawung



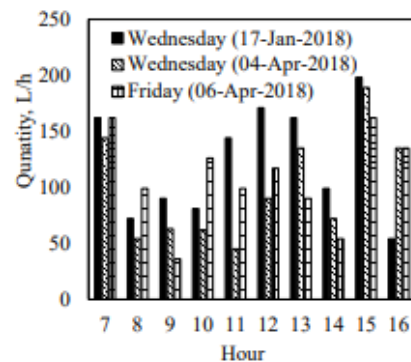
b. Kecepatan Aliran di Kota Cimahi
Gambar 3 Fluktuasi Kecepatan di IPAL
(Sumber: Dirgawati et.al., 2021)

Penelitian lain dilakukan oleh Va et. al. (2019) yang ditunjukkan pada **Gambar 4** menunjukkan peningkatan pada pukul 7 pagi karena penggunaan air yang tinggi saat orang pertama kali datang ke kantor. Volume limbah hitam kemudian menurun dari pukul 8 hingga 10 pagi, menunjukkan penggunaan air yang rendah karena orang sedang bekerja. Peningkatan kembali terjadi pada pukul 11 pagi, mungkin karena penggunaan toilet sebelum sholat. Puncak pembuangan limbah terjadi pada pukul 13 siang, kemungkinan karena penggunaan toilet setelah istirahat makan siang. Analisis menunjukkan bahwa jumlah limbah hitam dari gedung kantor lebih rendah dibandingkan rumah tangga.

Pada penelitian yang sama oleh Va et.al. (2019) menunjukkan fluktuasi limbah *greywater* meningkat (*peak*) pada pukul 7 pagi, turun hingga pukul 10 pagi, dan meningkat kembali hingga pukul 3 sore. Jumlah limbah *greywater* dari gedung kantor ternyata lebih rendah dibandingkan rumah tangga, mencapai 20.76 liter per orang per hari, sementara rumah tangga mencapai 66-178 liter per orang per hari. Kemudian fluktuasi limbah campuran menunjukkan peningkatan pada pukul 7 pagi dan puncak pada pukul 12 siang, mengindikasikan penggunaan air tinggi sebelum sholat Jumat. Jumlah limbah campuran dari gedung kantor lebih rendah dibandingkan rumah tangga, yaitu 39.61-49.93 liter per orang per hari. Tantangan utama dalam pengelolaan air limbah di Indonesia melibatkan kurangnya dana, bantuan teknis, aksesibilitas wilayah, serta regulasi dan pemantauan yang kurang memadai (Setiabudi, 2021).



c. Blackwater Wastewater



d. Greywater Wastewater

Gambar 4 Fluktuasi Kuantitas Air Limbah di Gedung
(Sumber: Va et.al., 2019)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa konsumsi air limbah domestik di Indonesia memiliki karakteristik yang bervariasi, dipengaruhi oleh faktor ekonomi, aksesibilitas, dan jenis penyediaan air. Analisis fluktuasi kuantitas air limbah menunjukkan variasi signifikan, dengan pengelolaan air limbah yang belum optimal di beberapa wilayah, seperti Kota Cimahi dan Bandung. Meskipun sejumlah upaya telah dilakukan, seperti pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), masih terdapat tantangan dalam manajemen limbah, terutama dalam hal pemilihan ukuran pipa dan efektivitas IPAL.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dirgawati, M., Sururi, M. R., Wiliana, W., & Widiawati, N. (2021). Evaluation of regional domestic waste water treatment plant performance in Cimahi city. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 141-152.
- Setiabudi, W. (2021). Twinning Programme Learning from Horizontal Learning on Domestic Wastewater Treatment in Three Districts in South Sulawesi. *Sanitation Value Chain*, 5(1), 36-37.
- Sururi, M. R., Ainun, S., & Abdilah, F. (2017). Wastewater Collection Performance on Communal Sanitation System in Cimahi Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(1), 60-69.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Wiliana, W., Fadlurrohman, F., Hardika., & Widiawati, N. (2023). Performance Evaluation of Domestic Wastewater treatment System in Urban Indonesia. *Elsevier Ltd.*
- Va, V., Setiawan, A. S., & Soewondo, P. (2019). The Fluctuation of Domestic Wastewater Discharged From Office Building. *GEOMATE Journal*, 17(59), 210-215.
- Widiyarani, Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. (2022). Domestic wastewater in Indonesia: Generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32397-32414.