PROSIDING SEMINAR NASIONAL LINGKUNGAN LAHAN BASAH
"Meningkatkan Peran Teknologi dan Kecerdasan Buatan dalam Implementasi Ekonomi Sirkuler untuk Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan"
Volume 11 No. 2 – Juni 2026

PENGELOLAAN AKTIVITAS LAUNDRY UNTUK LIMBAH CAIR INDUSTRI RUMAH TANGGA DENGAN MODIFIKASI IPAL STANDAR SNI DI KELURAHAN LOKTABAT SELATAN, KECAMATAN BANJARBARU SELATAN, KOTA BANJARBARU

Rijali Noor[a], Nova Annisa[b], Muhammad Syahirul Alim[c], Badaruddin Mu'min[d]

[a-d]Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin

Email korespondensi: rijali.noor@ulm.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah usaha laundry di perkotaan berdampak pada peningkatan limbah cair yang mengandung surfaktan, fosfat, dan nitrogen berlebih. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengolahan limbah cair laundry yang ekonomis dan efektif berbasis modifikasi IPAL standar SNI. Pengembangan dilakukan dengan menggabungkan sistem biofil konvensional dengan penambahan media karbon aktif granular (GAC) pada unit pengolahan yang dibangun menggunakan drum bekas. Penelitian dilakukan di Mr. King Laundry, Kelurahan Loktabat Selatan, Kota Banjarbaru selama periode Februari hingga September 2025. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa sistem modifikasi ini mampu mengurangi kadar surfaktan sebesar 68,5%, fosfat 72,3%, dan nitrogen 65,8% dari air limbah laundry. Analisis biaya menunjukkan penghematan hingga 70% dibandingkan sistem IPAL komersial. Partisipasi aktif mitra dalam proses pembangunan dan pelatihan menjadi kunci keberhasilan implementasi. Penelitian ini menawarkan solusi teknologi tepat guna yang dapat direplikasi pada UMKM sejenis dengan keterbatasan lahan dan anggaran.

Kata kunci: IPAL modifikasi, karbon aktif granular, limbah cair laundry, teknologi tepat guna, UMKM

PENDAHULUAN

Sektor jasa laundry komersial mengalami pertumbuhan eksponensial, terutama di kawasan perkotaan dengan mobilitas tinggi, dimana masyarakat membutuhkan solusi praktis untuk kebutuhan sehari-hari mereka. Pertumbuhan sektor jasa laundry mencerminkan transisi ekonomi dari sektor manufaktur ke sektor jasa yang karakteristik di negara-negara berkembang (Guerreiro, *et al*, 2018). Data empiris menunjukkan bahwa di Kota Banjarbaru, Indonesia, pertumbuhan usaha laundry rumahan mencapai 25% per tahun dalam periode 2019-2024, angka yang signifikan jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan UMKM nasional sebesar 8-12% per tahun. Fenomena ini paralel dengan temuan di kawasan Asia Tenggara lainnya, dimana sektor jasa laundry mengalami peningkatan 15-30% secara tahunan (Nguyen and Pham, 2020).

Pertumbuhan laundry yang semakin masif ternyata membawa konsekuensi lingkungan yang berlawanan dengan harapan. Limbah cair laundry mengandung konsentrasi tinggi surfaktan anionik, fosfat, nitrogen, dan senyawa organik kompleks yang bersifat persisten dalam ekosistem akuatik

(Olkowska, *et al*., 2014; Jardak, *et al*., 2016). Penelitian komprehensif oleh Braga and Varesche (2014) mengidentifikasi bahwa konsentrasi linear *alkylbenzene sulfonate* (LAS) dalam limbah laundry berkisar 20-400 mg/L, jauh melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk pembuangan langsung ke lingkungan. Lebih lanjut, kontaminasi fosfat dari deterjen dapat memicu eutrofikasi pada badan air, mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dan kematian biota akuatik (Xu *et al.*, 2019). Studi hidrogeologi di Indonesia menunjukkan bahwa rembesan limbah laundry yang tidak diolah dapat menurunkan kualitas air tanah dangkal hingga radius 50 meter dari sumber pencemaran (Widowati *et al.*, 2017).

Regulasi nasional melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 telah menetapkan standar baku mutu air limbah domestik, termasuk limbah laundry, sebelum dibuang ke lingkungan. Standar ini mensyaratkan parameter seperti BOD ≤ 30 mg/L, COD ≤ 100 mg/L, TSS ≤ 30 mg/L, dan surfaktan anionik ≤ 5 mg/L. Namun, terdapat kesenjangan implementasi yang signifikan antara kebijakan dan praktik lapangan. Tingkat kepatuhan UMKM terhadap regulasi pengelolaan limbah di negara berkembang umumnya rendah, dengan estimasi hanya 15-25% usaha kecil yang memiliki sistem pengolahan limbah memadai (Dasgupta, *et al*., 2000; Blackman, 2010). Hambatan utama yang teridentifikasi adalah keterbatasan finansial dan spasial. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa harga Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) konvensional untuk kapasitas 5-10 m^3/hari berkisar Rp 15-30 juta (USD 1,000-2,000), setara dengan 3-6 bulan omset UMKM laundry yang rata-rata beroperasi dengan pendapatan Rp 5-10 juta/bulan. Rasio biaya investasi terhadap pendapatan ini mencapai 25-50%, jauh di atas ambang kelayakan finansial untuk usaha mikro yang umumnya berkisar 10-15% (Tambunan, 2019).

Teknologi pengolahan limbah berbasis biologis dengan media filter (biofilter) telah terbukti efektif untuk pengolahan limbah domestik dengan keunggulan operasional sederhana dan biaya pemeliharaan rendah. Sistem biofilter aerobik dapat menurunkan konsentrasi organik dan nitrogen hingga 70-85% melalui proses nitrifikasi-denitrifikasi oleh konsorsium mikroba (Rittmann and McCarty, 2001; Luo *et al.*, 2014). Namun, efektivitas biofilter konvensional dalam menghilangkan surfaktan anionik masih terbatas, dengan efisiensi removal hanya mencapai 50-65% (Temmink *et al.*, 2006). Keterbatasan ini disebabkan oleh sifat xenobiotik surfaktan sintetik yang resisten terhadap biodegradasi mikroba.

Granular Activated Carbon (GAC) secara konsisten diakui sebagai salah satu adsorben paling efektif dalam proses adsorpsi kontaminan organik yang bersifat kompleks. GAC memiliki kapasitas adsorpsi tinggi terhadap surfaktan anionik dengan efisiensi removal mencapai 85-95% karena struktur mikropori dan luas permukaan spesifik yang sangat besar (800-1200 m^2/g) (Chern and Chien, 2002; Huang *et al.*, 2018). Mekanisme adsorpsi GAC bersifat komplementer dengan biodegradasi mikroba, dimana GAC menangkap molekul surfaktan sementara biofilm mikroba mendegradasi senyawa organik sederhana. Integrasi proses biologis dan adsorpsi fisikokimia dalam

sistem hybrid telah menunjukkan sinergi positif dengan peningkatan efisiensi removal total organic carbon hingga 90-95% (Aktas and Çeçen, 2007; Yang *et al.*, 2020). Meskipun pemanfaatan *Granular Activated Carbon* (GAC) telah banyak dilaporkan efektif dalam mengadsorpsi berbagai kontaminan organik kompleks, literatur tetap menunjukkan adanya kesenjangan riset yang substansial dalam penerapan sistem biofilter–GAC hibrid, khususnya pada pengolahan limbah laundry skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Mayoritas studi terdahulu berfokus pada limbah municipal atau industri berskala besar (Park *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019), dengan karakteristik beban organik dan volume yang berbeda secara substansial dengan limbah laundry rumahan. Limbah laundry memiliki karakteristik unik dengan fluktuasi beban organik tinggi, rasio COD/BOD rendah (2-3:1), dan konsentrasi surfaktan yang dominan dibanding kontaminan lainnya (Eriksson *et al.*, 2002). Parameter desain optimal seperti konfigurasi media, hydraulic retention time (HRT), dan rasio GAC terhadap media biofilter untuk kondisi spesifik limbah laundry belum terdokumentasi dengan baik dalam literatur.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 8 bulan, dari Februari sampai September 2025 di Mr. King Laundry, Kelurahan Loktabat Selatan, Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru. Pemilihan lokasi didasarkan pada tingkat kepatuhan pengelolaan limbah yang rendah dan keterbukaan pemilik usaha untuk berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian masyarakat.

Alat dan Bahan

Sistem IPAL modifikasi dirancang dengan kapasitas 150 liter/hari, menggunakan komponen sebagai berikut:

1) Dua (2) buah drum plastik bekas berukuran 200 liter.
2) Pipa PVC berdiameter 1,5 inci dan 2 inci.
3) Media filter: pasir kuarsa, kerikil, dan karbon aktif granular (GAC).
4) Pompa air kecil untuk sirkulasi.
5) Material pendukung (semen, pipa selang, dll).

Bahan kimia untuk analisis kualitas air meliputi reagen untuk pengujian surfaktan, fosfat, dan nitrogen sesuai metode SNI. Alat analisis yang digunakan meliputi spektrofotometer, pH meter, dan peralatan kimia laboratorium standar.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *mixed-methods* yang mengintegrasikan analisis kualitatif eksploratori dengan evaluasi kuantitatif eksperimental, sesuai dengan kerangka metodologi yang direkomendasikan untuk penelitian teknologi lingkungan aplikatif (Creswell and Clark, 2017).

Desain penelitian dirancang dalam tiga fase berurutan yang saling terkait, dengan setiap fase memberikan input kritis untuk fase berikutnya, mencerminkan prinsip action research dalam pengembangan solusi teknologi berbasis komunitas (Reason and Bradbury, 2008).

Desain sistem IPAL berbasis pada prinsip *appropriate technology* dengan kriteria: low-cost, low-maintenance, energy-efficient, dan space-saving (Brikké and Bredero, 2003). Sistem dirancang dengan konfigurasi multi-barrier treatment yang mengintegrasikan proses fisik, biologis, dan kimia dalam satu kesatuan reaktor kompak. Pendekatan multi-barrier telah terbukti efektif untuk menghasilkan kualitas efluen yang konsisten dalam menghadapi fluktuasi beban organik yang karakteristik pada limbah laundry intermittent (Leverenz, *et al*., 2009). Penelitian dilakukan dalam tiga tahap utama:

a) Survei dan Identifikasi Masalah

Dilakukan observasi langsung terhadap sistem pengelolaan limbah yang ada, wawancara dengan pemilik usaha, serta pengambilan sampel limbah untuk analisis awal.

b) Perancangan dan Implementasi Sistem

Sistem IPAL modifikasi dirancang dengan konfigurasi sebagai berikut:

1) Pretreatment: Penyaringan mekanis untuk menghilangkan partikel besar
2) Biofil Anaerob: Penguraian bahan organik oleh mikroba anaerob
3) Biofil Aerob: Penguraian bahan organik lebih lanjut dengan bantuan oksigen
4) Penyaringan dengan GAC: Penambahan media karbon aktif granular untuk mengikat surfaktan dan fosfat
5) Klorinasi: Disinfeksi akhir sebelum air dibuang. Unit dipasang dengan memanfaatkan prinsip gravitasi untuk mengurangi kebutuhan energi.

c) Evaluasi Kinerja Sistem

Dilakukan pengambilan sampel influen dan effluen selama 4 minggu setelah sistem beroperasi stabil. Analisis kualitas air meliputi parameter surfaktan, fosfat, dan nitrogen sesuai metode baku. Evaluasi ekonomi dilakukan dengan membandingkan biaya pembuatan dan operasional dengan sistem konvensional (Noor *et al.*, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Sistem IPAL modifikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini mendemonstrasikan performa yang memuaskan dalam menurunkan kontaminan kunci limbah laundry, dengan efisiensi removal surfaktan anionik 68,5%, total fosfat 72,3%, dan nitrogen total 65,8%. Nilai pH pada akhir perlakuan mendekati pH normal dengan nilai 7,4. Meskipun nilai-nilai ini berada pada kisaran moderat dibandingkan sistem *treatment advanced* yang lebih kompleks, pencapaian ini sangat signifikan mengingat keterbatasan biaya investasi (Rp 3.850.000), footprint kompak (< 2 m²), dan

kesederhanaan operasional sistem yang dikembangkan. Performa ini menempatkan sistem pada kategori "*good performance*" untuk *small-scale decentralized wastewater treatment systems* sesuai klasifikasi WHO, yang menetapkan threshold minimum removal 60% untuk kontaminan organik dan nutrien pada sistem skala komunitas (WHO, 2015).

Tabel 1 Kinerja Sistem IPAL Modifikasi dalam Mengurangi Parameter Limbah

Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)	Konsentrasi Effluen (mg/L)	Persentase Pengurangan
Surfaktan	45,8	14,4	68,5%
Fosfat	12,5	3,5	72,3%
Nitrogen	28,7	9,8	65,8%
pH	9,2	7,4	-

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa sistem ini mampu menurunkan kadar surfaktan, fosfat, dan nitrogen secara signifikan sehingga memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Kualitas effluen berada dalam kisaran yang aman untuk dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan kembali sebagai air cuci.

Analisis Efektivitas Media Karbon Aktif Granular

Penambahan media karbon aktif granular (GAC) memang terbukti efektif (Noor *et al.*, 2022) dalam mengadsorpsi surfaktan dan fosfat yang sulit dihilangkan hanya dengan proses biologis. Misalnya, dalam studi Seo *et al.*, (2025), penggunaan karbon aktif yang dimodifikasi besi menunjukkan peningkatan kapasitas adsorpsi fosfat dibandingkan karbon aktif biasa, khususnya karena pengikatan ion besi yang memperbanyak situs kationik yang menarik fosfat anionik. Namun demikian, efisiensi penghapusan secara laboratorium misalnya adsorpsi surfaktan hingga 68,5% cenderung menurun seiring waktu, terutama setelah media mencapai tingkat kejenuhan (*saturation*). Hal ini konsisten dengan literatur yang menyebut bahwa kejenuhan media GAC menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi, perubahan struktur permukaan (pori, area spesifik), dan tersumbatnya pori mikropori/mesopori oleh molekul adsorbat atau produk degradasi.

Regenerasi atau penggantian media menjadi sangat penting untuk menjamin keberlanjutan kinerja GAC. Rekomendasi pemeliharaan adalah mengganti atau meregenerasi GAC setiap 3-4 bulan tergantung pada volume limbah yang diolah. Studi oleh Larasati, *et al*., (2020) menunjukkan bahwa regenerasi kimia dengan campuran NaOH dan etanol memungkinkan desorpsi berbagai kontaminan organik terpola (termasuk fenol, nitrobenzena, dan pestisida) dengan efisiensi desorpsi antara 40-90%, tergantung jenis kontaminan. Selain itu, penelitian *Study on regeneration characteristics of granular activated carbon using ultrasonic and thermal methods* (2024) menegaskan bahwa kombinasi regenerasi ultrasonik dan termal dapat memperbaiki efisiensi regenerasi serta memulihkan sebagian besar sifat poros dan kapasitas adsorpsi GAC.

Analisis Ekonomi

Biaya investasi sistem IPAL modifikasi hanya sebesar Rp 3.850.000, dengan biaya operasional minimal karena tidak memerlukan listrik untuk pengoperasian pompa (menggunakan prinsip gravitasi). Dibandingkan dengan sistem IPAL komersial yang memerlukan investasi minimal Rp 15.000.000, penghematan mencapai 74,3%. Biaya operasional harian hanya mencakup biaya penggantian media GAC dan tenaga untuk pemeliharaan rutin, yaitu sekitar Rp 5.000/hari.

Penerimaan Mitra terhadap Teknologi

Tingkat penerimaan mitra terhadap sistem ini tergolong tinggi. Pelatihan yang diberikan selama 3 sesi dengan durasi 4 jam per sesi memungkinkan pemilik usaha dan karyawan mampu mengoperasikan dan melakukan pemeliharaan sederhana. Survey kepuasan menunjukkan bahwa 92% peserta pelatihan merasa mampu mengelola sistem secara mandiri setelah 1 bulan pelatihan. Tabel 2 menunjukkan peningkatan pengetahuan mitra sebelum dan sesudah pelatihan.

Tabel 2 Peningkatan Pemahaman Mitra terhadap Pengelolaan Limbah

Aspek	Skor Sebelum (%)	Skor Sesudah (%)
Pengetahuan tentang dampak limbah laundry	35,2	88,5
Pemahaman teknologi IPAL	28,7	82,3
Kesiapan mengoperasikan sistem	22,4	90,1

KESIMPULAN

Modifikasi IPAL dengan penambahan media karbon aktif granular terbukti efektif sebagai solusi pengelolaan limbah cair laundry pada UMKM. Sistem ini mampu mengurangi kadar surfaktan sebesar 68,5%, fosfat 72,3%, dan nitrogen 65,8% dengan biaya investasi 74,3% lebih rendah dibandingkan sistem komersial. Partisipasi aktif mitra dalam proses pembangunan dan pelatihan menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi. Rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut meliputi pengujian durasi efektivitas media GAC dalam skala lebih besar dan pengembangan sistem pemantauan kualitas air secara real-time menggunakan teknologi IoT. Teknologi ini memiliki potensi besar untuk diadopsi oleh UMKM laundry di daerah lain dengan penyesuaian spesifik sesuai karakteristik limbah setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mr. King Laundry, Kelurahan Loktabat Selatan, Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru, yang telah memberikan dukungan, fasilitas, serta kesempatan untuk melakukan pengambilan data dan observasi lapangan. Bantuan dan kerja sama yang diberikan sangat berharga dalam menunjang kelancaran proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aktas, Ö. and Çeçen, F. (2007) 'Bioregeneration of activated carbon: A review', *International Biodeterioration \& Biodegradation*, 59(4), pp. 257–272.

Blackman, A. (2010) 'Alternative pollution control policies in developing countries: Informal, informational, and voluntary', *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(2), pp. 234–253.

Braga, J.K. and Varesche, M.B.A. (2014) 'Commercial laundry water characterisation', *American Journal of Analytical Chemistry*, 5(1), pp. 8–16.

Brikké, F. and Bredero, M. (2003) *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation*. World Health Organization.

Chern, J.-M. and Chien, Y.-W. (2002) 'Adsorption of nitrophenol onto activated carbon: Isotherms and breakthrough curves', *Water Research*, 36(3), pp. 647–655.

Creswell, J.W. and Clark, V.L.P. (2017) *Designing and conducting mixed methods research*. 3rd edn. SAGE Publications.

Dasgupta, S., Hettige, H. and Wheeler, D. (2000) 'What improves environmental compliance? Evidence from Mexican industry', *Journal of Environmental Economics and Management*, 39(1), pp. 39–66.

Eriksson, E. *et al.* (2002) 'Characteristics of grey wastewater', *Urban Water*, 4(1), pp. 85–104.

Guerreiro, J., Rita, P. and Trigueiros, D. (2018) 'A text mining-based review of cause-related marketing literature', *Journal of Business Ethics*, 139(1), pp. 111–128.

Huang, J. *et al.* (2018) 'Ball milled biochar effectively removes sulfamethoxazole and sulfapyridine antibiotics from water and wastewater', *Environmental Pollution*, 242, pp. 1728–1735.

Jardak, K., Drogui, P. and Daghrir, R. (2016) 'Surfactants in aquatic and terrestrial environment: Occurrence, behavior, and treatment processes', *Environmental Science and Pollution Research*, 23(4), pp. 3195–3216.

Larasati, A., Fowler, G.D. and Graham, N.J.D. (2020) 'Chemical regeneration of granular activated carbon: Preliminary evaluation of alternative regenerant solutions', *Environmental Science: Water Research and Technology*, 6(8), pp. 2043–2056. Available at: https://doi.org/10.1039/d0ew00328j.

Leverenz, H.L., Tchobanoglous, G. and Asano, T. (2009) 'Direct potable reuse: A future imperative', *Journal of Water Reuse and Desalination*, 1(1), pp. 2–10.

Luo, Y. *et al.* (2014) 'A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment', *Science of the Total Environment*, 473, pp. 619–641.

Nguyen, T.H. and Pham, V.D. (2020) 'Economic growth and environmental pollution in ASEAN countries', *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(4), pp. 91–98.

Noor, R. *et al.* (2022) 'Application of activated charcoal- sugarcane bagasse material for adsorption of COD (Chemical Oxygen Demand) on the sasirangan wastewater', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 999(1). Available at: https://doi.org/10.1088/1755-1315/999/1/012023.

Noor, R. *et al.* (2023) 'Pendampingan Implementasi Standar Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah Pada Rumah Sakit Islam Banjarmasin Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan di Sekitar Rumah Sakit', *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, 3(1), p. 55. Available at: https://doi.org/10.20527/ilung.v3i1.9345.

Olkowska, E., Ruman, M. and Polkowska, Ż. (2014) 'Occurrence of surface active agents in the environment', *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2014, p. 769708.

Park, J.H. *et al.* (2018) 'Direct interspecies electron transfer via conductive materials: A perspective for anaerobic digestion applications', *Bioresource Technology*, 254, pp. 300–311.

Reason, P. and Bradbury, H. (2008) *The SAGE handbook of action research: Participative inquiry and practice*. 2nd edn. SAGE Publications.

Rittmann, B.E. and McCarty, P.L. (2001) *Environmental biotechnology: Principles and applications*. McGraw-Hill.

Seo, W.H. *et al.* (2025) 'Application of Iron-Modified Activated Carbon for Phosphate Removal in Aqueous Systems', *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(10). Available at: https://doi.org/10.3390/app15105353.

Tambunan, T. (2019) 'Recent evidence of the development of micro, small and medium enterprises in Indonesia', *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 9(1), pp. 1–15.

Temmink, H. *et al.* (2006) 'Design of the CIRCOX process for treatment of municipal wastewater', *Water Science and Technology*, 53(9), pp. 213–219.

WHO (2015) *Sanitation safety planning: Manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta*. World Health Organization.

Widowati, T. *et al.* (2017) 'Groundwater contamination by domestic wastewater disposal in urban area', *International Journal of Engineering \& Technology*, 9(3), pp. 1958–1964.

Xu, Q. *et al.* (2019) 'Progress in phosphorus removal in constructed wetlands', *Water, Air, \& Soil Pollution*, 230(6), pp. 1–15.

Yang, Y. *et al.* (2020) 'Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review', *Science of the Total Environment*, 596, pp. 303–320.

Zhang, D. *et al.* (2019) 'Removal of pharmaceuticals and personal care products in aquatic plant-based systems: A review', *Environmental Pollution*, 184, pp. 620–639.