Experts

Air Kelihatan Bersih, Tetapi Tidak Semestinya Selamat: Isu PPCPs dan Penyelesaian Lestari

Tue, 12/30/2025 - 14:31

Air bersih sering dianggap sebagai sumber yang selamat selagi ia jernih, tidak berbau dan boleh diminum. Namun, dalam realiti dunia moden, ancaman terhadap kualiti air semakin kompleks dan tidak lagi dapat dikesan dengan deria manusia. Salah satu ancaman paling senyap tetapi berbahaya ialah pencemaran oleh pharmaceuticals and personal care products (PPCPs). Bahan ini bukan datang daripada industri berat semata-mata, tetapi daripada rutin harian manusia sendiri melalui penggunaan ubat-ubatan dan produk penjagaan diri.

PPCPs merangkumi antibiotik, ubat tahan sakit, hormon, ubat anti-radang, kosmetik, syampu, sabun antibakteria, pewangi dan bahan pencuci. Hampir setiap individu menyumbang kepada kewujudan PPCPs dalam alam sekitar tanpa menyedarinya. Sebahagian besar bahan aktif ini tidak dimanfaatkankan sepenuhnya oleh tubuh dan dilepaskan melalui air sisa domestik, hospital dan fasiliti kesihatan. Amalan membuang ubat berlebihan ke dalam tandas atau singki pula mempercepatkan kemasukan bahan farmaseutikal terus ke sistem air.

Pencemaran

Masalah utama yang jarang disedari oleh kita sebagai masyarakat awam ialah loji rawatan air sisa konvensional tidak direka untuk menyingkirkan PPCPs secara berkesan. Sistem sedia ada lebih tertumpu kepada penyingkiran pepejal, bahan organik dan mikroorganisma patogen. PPCPs pula hadir dalam kepekatan sangat rendah tetapi stabil secara kimia dan aktif secara biologi. Akibatnya, bahan ini sering melepasi proses rawatan dan dilepaskan ke sungai, tasik dan laut, seterusnya memasuki rantaian makanan akuatik.

Walaupun PPCPs biasanya dikesan pada kepekatan nano hingga microgram seliter, kesannya bersifat kumulatif dan jangka panjang. Kajian menunjukkan bahawa pendedahan berterusan boleh mengganggu sistem hormon hidupan air, menjejaskan pembiakan ikan, mengubah tingkah laku organisma akuatik dan menyumbang kepada masalah rintangan antibiotik. Lebih membimbangkan, PPCPs berpotensi kembali kepada manusia melalui air minuman dan sumber makanan laut. Namun, kerana pencemaran ini tidak mengubah rupa, bau atau rasa air, ramai daripada kita masih tidak menyedari kewujudannya.

Isu PPCPs sebenarnya berkait rapat dengan Matlamat Pembangunan Mampan Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (*Sustainable Development Goals-SDG*). Pencemaran air oleh bahan farmaseutikal secara langsung menjejaskan SDG 6, iaitu ‘Air Bersih dan Sanitasi’, yang menekankan akses kepada air selamat dan pengurusan air sisa yang berkesan. Kegagalan menyingkirkan PPCPs juga memberi kesan kepada SDG 3, iaitu ‘Kesihatan dan Kesejahteraan’, kerana pendedahan jangka panjang kepada bahan kimia ini berpotensi menjejaskan kesihatan manusia dan menyumbang kepada krisis rintangan antibiotik. Selain itu, pelepasan PPCPs ke perairan semula jadi mengancam SDG 14, iaitu ‘Hidupan di Bawah Air’ yang mana melalui kerosakan ekosistem dan biodiversiti

marin.

Teknologi Penapisan Air

Dalam konteks inilah teknologi rawatan air yang lebih maju dan lestari menjadi sangat penting. Salah satunya adalah teknologi membran sebagai pendekatan paling berpotensi untuk menangani pencemaran PPCPs. Teknologi ini menggunakan lapisan penapis halus yang mampu memisahkan molekul pencemar berdasarkan saiz, cas dan sifat kimia, sambil membenarkan air bersih melalui. Proses seperti penurasan nano dan osmosis songsang terbukti berkesan untuk menyingkirkan bahan farmaseutikal yang gagal ditangani oleh rawatan konvensional.

Teknologi membran menyokong pencapaian SDG 6 dengan meningkatkan kecekapan rawatan air sisa dan menghasilkan air terawat yang lebih selamat untuk dilepaskan semula ke alam sekitar atau digunakan semula. Keupayaannya menyingkirkan PPCPs pada kepekatan sangat rendah membantu mengurangkan pencemaran sumber air, sekali gus menyumbang kepada pengurusan air yang lebih mampan. Berbanding kaedah rawatan lain yang memerlukan penggunaan bahan kimia tinggi atau tenaga yang besar, teknologi membran boleh dioptimumkan untuk menjadi lebih cekap tenaga dan mesra alam.

Dari sudut SDG 3, teknologi membran memainkan peranan penting dalam melindungi kesihatan awam. Dengan menyingkirkan bahan farmaseutikal dan hormon daripada air, risiko pendedahan jangka panjang kepada bahan yang boleh mengganggu sistem endokrin dan menyumbang kepada rintangan antibiotik dapat dikurangkan. Ini secara tidak langsung menyokong sistem kesihatan awam dengan mencegah masalah kesihatan sebelum ia berlaku. Teknologi membran juga sejajar dengan SDG 14 kerana ia membantu melindungi ekosistem akuatik. Kajian menunjukkan bahawa membran tertentu mampu menyingkirkan sehingga 99 peratus bahan seperti bisfenol A dan diklofenak daripada air sisa sebelum dilepaskan ke perairan semula jadi. Pengurangan pelepasan PPCPs ini mengurangkan tekanan kimia terhadap hidupan air dan membantu memelihara keseimbangan ekosistem marin dan air tawar.

Pendekatan Saintis

Bagi meningkatkan keberkesanan dan kelestarian, penyelidik telah membangunkan membran yang diubah suai menggunakan nanobahan, *metal–organic frameworks* dan mikroorganisma terpilih. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan prestasi penapisan dan ketahanan membran, malah mengurangkan keperluan penggunaan bahan kimia tambahan. Penggunaan mikroorganisma, sebagai contoh, menyokong konsep teknologi hijau dengan membolehkan penguraian biologi bahan farmaseutikal secara semula jadi. Pendekatan ini juga menyumbang kepada SDG 12, iaitu ‘Penggunaan dan Pengeluaran Bertanggungjawab’, melalui penggunaan bahan lestari seperti sisa pertanian sebagai bahan tambahan membran dan pengurangan sisa rawatan sekunder. Teknologi membran yang direka dengan pendekatan ekonomi kitaran membantu memaksimumkan penggunaan sumber sambil meminimumkan kesan alam sekitar.

Walau bagaimanapun, teknologi sahaja tidak mencukupi tanpa kesedaran dan perubahan tingkah laku masyarakat. Ramai dalam kalangan kita masih tidak menyedari bahawa tindakan harian mereka menyumbang kepada pencemaran PPCPs. Pendidikan awam mengenai pelupusan ubat yang betul, penggunaan produk penjagaan diri secara berhemah dan kepentingan menyokong teknologi rawatan air lestari adalah penting untuk mengurangkan pencemaran di peringkat sumber.

Peranan Universiti

Universiti mempunyai peranan strategik sebagai pusat ilmu, penyelidikan dan pembentukan nilai dalam menangani pencemaran PPCPs. Di peringkat institusi, universiti boleh memulakan langkah dengan memperkukuh pendidikan dan kesedaran melalui pengintegrasian isu PPCPs dan kelestarian air dalam kurikulum merentas disiplin, bukan hanya dalam bidang sains dan kejuruteraan, tetapi juga kesihatan, dasar awam dan sains sosial. Dari sudut penyelidikan, universiti perlu memacu inovasi teknologi hijau seperti pembangunan membran berasaskan bahan lestari dan sisa tempatan, sambil menggalakkan kerjasama dengan industri dan pihak berkuasa air. Pada masa yang sama, universiti wajar memimpin perubahan tingkah laku melalui kempen pelupusan ubat yang betul, amalan penggunaan produk penjagaan diri secara berhemah, serta polisi kampus yang menyokong Matlamat Pembangunan Mampan.

PPCPs merupakan pencemar senyap yang berpunca daripada gaya hidup moden dan kurangnya kesedaran masyarakat. Walaupun tidak kelihatan, kesannya terhadap kesihatan manusia, sumber air dan ekosistem akuatik adalah nyata dan berpanjangan. Teknologi membran menawarkan penyelesaian yang berkesan dan selari dengan Matlamat Pembangunan Mampan, khususnya SDG 3, SDG 6 dan SDG 14. Namun, kejayaan sebenar memerlukan gabungan teknologi, dasar awam dan kesedaran masyarakat agar air bersih dapat dilindungi untuk generasi masa hadapan.



Oleh: Profesor Madya Ts. Dr. Sunarti Abd Rahman
E-mel: sunarti@umpsa.edu.my

Penulis adalah Pensyarah Kanan, Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kimia dan Proses (FTKKP), Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA).

Rencana ini merupakan pandangan peribadi penulis dan tidak menggambarkan pendirian rasmi Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA).
Rencana ini sudah diterbitkan di Majalah SAINS pada Disember 2026,
https://www.majalahsains.com/air-kelihatan-bersih-tetapi-tidak-semestinya-selamat-isu-ppcps-dan-penyelesaian-lestari/

TAGS / KEYWORDS

Air Kelihatan Bersih

PPCPs

- 70 views

View PDF