



Bagian 5

Green Adsorben (Biosorpsi) Sebagai Solusi Penanganan Pencemaran Air Limbah Pewarnaan dan Limbah Logam Berat

Sri Wahyuningsih

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik

Universitas PGRI Madiun

Abstrak

Perairan yang merupakan sumber aktivitas masyarakat di Indonesia saat ini memiliki kandungan logam berat dan limbah hasil pewarnaan yang tinggi. Pemakaian adsorben komersial terkadang meninggalkan residu di dalam sistem perairan yang menjadi pengganggu proses remediasi air dan menimbulkan masalah baru. Untuk itulah diteliti berbagai alternatif adsorben berbasis bahan alam dan biomassa yang bersifat biodegradabel dan dikenal dengan biosorben atau Green Adsorben. Dari beberapa hasil penelitian diperoleh data bahwa beberapa biosorben atau Green adsorben memiliki kapasitas adsorpsi yang jauh lebih baik dari pada Adsorben komersial. Sehingga penggunaannya sangat efektif hingga skala industri.

Kata Kunci : *biosorben, green adsorben, kapasitas adsorpsi, logam berat*

A. Pendahuluan

Salah satu permasalahan lingkungan yang sangat serius saat ini adalah keberadaan bahan berbahaya dan polutan beracun dalam air limbah industri yang masuk ke dalam sistem perairan. Penyebab utama permasalahan ini adalah keberadaan berbagai jenis pencemar seperti (i) zat warna; (ii) logam berat; (iii) fenol; (iv) pestisida dan (v) obat-obatan yang secara simultan memasuki rangkaian sistem perairan dan sangat berdampak buruk bagi kesehatan, keseimbangan ekosistem dan populasi.

B. Limbah Pewarnaan

Inovasi industri pewarnaan membawa perubahan ditinjau dari beberapa aspek utamanya aspek ekonomi industri. Penerapan teknologi pewarnaan terbaru menghasilkan karakter pewarna yang lebih menguntungkan dari segi ekonomis yakni biaya produksi yang lebih murah, warna yang dihasilkan lebih cerah dan bervariasi, dan lebih mudah diaplikasikan pada kain (Kyzas, 2014). Dengan berbagai karakteristiknya yang menguntungkan maka pewarna baru sintetik semakin dominan diaplikasikan dan pewarna alami mulai ditinggalkan. Industri tekstil, penyamaan dan pewarnaan kulit, kosmetik, kertas, percetakan, dan plastik merupakan industrial yang dominan menggunakan teknologi pewarna sintetik dalam proses produksinya. Setidaknya saat ini telah tersedia 100.000 pewarna sintesis dan diproduksi sebanyak 700.000 ton per tahun. Akan tetapi bahan dasar kimia yang digunakan dalam industri pewarna terkini sering beracun, karsinogenik, atau bahkan

eksploris. Zat warna yang dipakai dalam industri tekstil diklasifikasikan (a) anion (pada pewarna instan, asam, dan pewarna reaktif), (b) kationik (pada seluruh zat warna dasar) dan (c) non-ionic (pada pewarna disperse) Permasalahan dalam industri pewarnaan ini, setidaknya 2% sisa pewarna masih terlarut dalam limbah yang terbuang dan mencemari lingkungan. Bahkan dalam kajian yang lain menyebutkan bahwa terjadi loss mencapai 50% selama proses pewarnaan menggunakan pewarna reaktif, yang artinya 50% sisa pewarna terlarut dalam limbah.

C. Limbah Logam Berat

Logam berat diklasifikasikan menjadi Logam berat esensial dan Logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan unsur-unsur yang memiliki densitas spesifik $>5 \text{ g/cm}^3$ diantaranya besi (Fe), vanadium (V), kobalt (Co), tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), strontium (Sr), dan molibdenum (Mo) yang penting untuk organisme hidup pada konsentrasi ambang. Namun, jika ambang batas terlampaui, beberapa kerusakan dapat diamati pada sistem kehidupan. Sedangkan logam berat non esensial diantaranya arsenik (As), kadmium (Cd), nikel (Ni), timbal (Pb), merkuri (Hg), dan antimon (Sb) (Kahn, 2015) . Badan Internasional untuk Penelitian Kanker mengkategorikan logam-logam ini sebagai unsur karsinogenik bahkan sangat beracun meskipun dalam konsentrasi ambang. Dengan demikian, tidak hanya konsentrasi di urutan g/L atau mg/L dapat menyebabkan efek toksik, tetapi juga beberapa mg/L atau ng/L dapat menyebabkan efek buruk pada ekosistem dan kesehatan manusia (Singh, 2011). Selain konsentrasi logam berat, toksisitas

ditentukan oleh spesiasi kimia, rute eksposisi, dan karakteristik organisme yang terpapar seperti genetik, usia, jenis kelamin dan status gizi.

Keberadaan logam berat di lingkungan manusia selain berasal dari proses alami (misalnya erosi tanah, pelapukan kerak bumi, dan letusan gunung berapi) dapat juga dikarenakan sumber antropogenik seperti pertambangan dan pemanfaatan mineral, limbah industri yang berasal dari semen, makanan, tekstil, kertas, aktivitas elektronik, atau dari formulasi kimia yang digunakan untuk pengendalian wabah, dll. Mengingat bahwa logam berat bersifat tak terdegradasi dalam kondisi lingkungan, akumulasinya di kompartemen lingkungan (misalnya udara, tanah dan air) dalam jangka panjang menyebabkan migrasi mereka dalam makanan dan air yang dimaksudkan untuk konsumsi manusia dan organisme lainnya (Escudero, 2018)

D. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses dimana molekul cairan menyentuh dan menempel ke permukaan padatan. Berbagai zat dapat digunakan sebagai adsorben untuk proses adsorpsi (Pratiwi and Prinajati, 2018). Pengolahan limbah zat warna dan logam berat dapat juga dilakukan dengan berbagai metode yaitu filtrasi, presipitasi kimia, ion exchange, adsorpsi dan sistem membran (Darjito et al. 2014). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah pengolahannya relatif sederhana, dan efisiensinya relatif tinggi, efektif serta tidak memberikan dampak buruk terhadap lingkungan (Hossain et al. 2012). Dan yang lebih utama adsorpsi mampu mereduksi biaya produksi penanganan limbah. Sehingga teknik adsorpsi menjadi teknik

penanganan limbah yang populer dalam beberapa tahun terakhir terkait efisiensinya dalam menghilangkan polutan yang terlalu stabil untuk diselesaikan metode biologis.

E. Green Adsorben

Beberapa teknologi pengolahan telah dilaporkan untuk remediasi logam berat dan sisa pewarna dari air limbah. Proses penanganan limbah konvensional melibatkan proses dengan biaya yang mahal dan menghasilkan produk samping unbiodegradable untuk upaya remediasi tersebut. Sehingga harus diupayakan proses alternatif yang sejalan dengan prinsip “Green Kimia” atau “Kimia Berkelanjutan”. Beberapa kriteria “Green Kimia” diringkas sebagai berikut: (a) mengurangi konsumsi reagen kimia beracun seperti pelarut organik konvensional; (b) menggunakan reagen lain yang lebih aman; (c) menghindari timbulnya limbah yang tidak dapat didaur ulang; (d) menggunakan kembali reagen; (e) mengurangi konsumsi energi; (f) memilih teknik analisis yang ramah lingkungan untuk deteksi analit; (g) penggunaan otomatisasi dan pengembangan dalam skala mikro.

Salah satu alternatif teknik proses yang ramah lingkungan adalah Biosorpsi atau Green Adsorpsi. Teknologi penggunaan biosorben dalam pengolahan air memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan adsorben kimia konvensional. Hal ini dikarenakan Bioadsorben atau Green Adsorben memiliki kelebihan diantaranya: (a) bersifat ramah lingkungan dan bersahabat dengan alam karena kemampuannya yang biodegradable di bawah kondisi lingkungan (b), keberadaannya melimpah di alam, (c) prosedur

pengumpulan dan persiapannya sederhana sehingga hanya memerlukan biaya yang rendah namun memiliki potensi adsorpsi yang luar biasa. Beberapa material yang memenuhi karakteristik tersebut dan dapat dipilih sebagai Green Adsorben adalah material murah yang berasal dari: (a) sumber dan hasil pertanian (buah, sayur, dan biji-bijian); (b) sisa/ sampah produk pertanian; (c) Karbon teraktivasi hasil pirolisis produk pertanian.

F. Green Adsorben untuk Limbah Metilen Biru

Metilen Biru merupakan zat pewarna yang paling umum digunakan dalam pewarnaan Sutra dan Wool, namun jika terpapar akan menimbulkan rasa pedih dan luka permanen pada penglihatan manusia dan hewan, jika terhirup menyebabkan mual, muntah, sesak nafas dan methemoglobinemia. Sehingga diperlukan penanganan khusus pada limbah cair yang mengandung Metilen Blue ini. Chatterjee, dkk menggunakan *Parthenium hysterophorus* sebagai Green Adsorben pada pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh zat warna metilen Biru dengan cara karbonisasi menggunakan asam fosfat-ortho sebagai pengaktif

Kapasitas Adsorpsi yang dihasilkan adalah 98,06mg/g. Nilai ini sangat bersaing dengan adsorben komersial Rectorit dengan kapasitas 89,4 mg/g terhadap metilen blue. Sehingga tanaman ini mampu menggantikan pemakaian adsorben komersial sebagai adsorben yang ramah lingkungan.

G. Green Adsorben Untuk Logam berat

Cochrane, dkk, menyelidiki penggunaan tiga biosorben (karapas kepiting, makroalga *Fucus vesiculosus*, gambut) untuk menghilangkan tembaga dari

media berair. Hasilnya adalah langsung dibandingkan dengan dua bahan komersial (karbon aktif dan resin penukar ion). Isoterm Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menggambarkan data kesetimbangan adsorpsi. NS Nilai Q_m adalah 79,4, 114,9 dan 71,4 mg/g untuk karapas kepiting, *F. vesiculosus* dan pertukaran ion. resin, masing-masing. Sebuah studi baru-baru ini Abdel Salam, dkk menunjukkan perilaku adsorpsi beberapa adsorben berbiaya rendah seperti arang sekam kacang, fly ash, dan zeolit alam, sehubungan dengan tembaga dan ion seng, untuk mempertimbangkan penerapannya pada pemurnian air limbah finishing logam.

Parameter adsorpsi ditentukan menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich, tetapi data eksperimen lebih cocok dengan persamaan Langmuir daripada persamaan Freundlich. Hasil menunjukkan bahwa arang sekam kacang tanah, fly ash dan zeolit alam semuanya berpotensi untuk menghilangkan kation spesies logam berat dari air limbah industri dengan urutan sebagai berikut: fly ash (0,18 mg/g) < kacang arang sekam (0,36 mg/g) < zeolit alam (1,18 mg/g). Namun, nilai Q_m sangat rendah dan tidak bisa menarik, tidak hanya untuk eksperimen batch tetapi juga untuk keperluan industri. Penghapusan Cr(VI) dari larutan berair dengan teknik adsorpsi batch menggunakan adsorben berbiaya rendah diselidiki oleh Bhattacharya et al. [80]. Dia menggunakan beberapa penyerap berbiaya rendah seperti lumpur yang diklarifikasi (bahan limbah industri baja), abu sekam padi, alumina aktif, fuller's tanah, abu terbang, serbuk gergaji dan kulit mimba untuk menentukan efisiensi adsorpsi Cr(VI).

Langmuir model sangat cocok dengan data kesetimbangan ($R^2 \sim 0,999$), tetapi menunjukkan kapasitas adsorpsi yang rendah (19–31 mg/g) sebagai: lumpur jernih (26,31 mg/g), abu sekam padi (25,64 mg/g), alumina aktif (25,57 mg/g), fuller's earth (23,58 mg/g), fly ash (23,86 mg/g), serbuk gergaji (20,70 mg/g) dan kulit nimba (19,60 mg/g). Sebuah bahan penyerap aneh (jerami) digunakan oleh Kumar dan rekan kerja [81] untuk menghilangkan logam berat dari sistem air. Sedotan awalnya dimodifikasi menjadi jerami yang diberi perlakuan alkali (ATS) dan xanthate jerami tidak larut (BEI), yang sedikit meningkatkan biaya adsorben. Q_m untuk penghapusan Cr(III) sangat rendah (masing-masing 1,88 dan 3,91 mg/g untuk ATS dan BEI).

Aziz dan rekan kerja [82] menyelidiki adsorpsi kadmium dari batu zaitun yang diolah (TOS) dan setelah pemodelan Langmuir, Q_m yang dihitung adalah 49,3 mg/g. Logam berat seperti Cr(III), Cu(II) dan Zn(II) dapat dihilangkan dari air limbah menggunakan Residu wortel yang diolah dengan HCl. Perlakuan asam dilakukan untuk menghilangkan tanin, resin, gula dan bahan pewarna. Menurut Nasernejad dan rekan kerja [83], adsorpsi ion logam ke residu wortel dimungkinkan karena adanya gugus karboksilat dan fenolik yang memiliki sifat pertukaran kation. Lebih banyak logam teradsorpsi pada nilai pH larutan yang lebih tinggi (pH 4 untuk Cr(III) dan pH 5 untuk Cu(II) dan Zn(II)). Kapasitas adsorpsi maksimum adalah 45,09, 32,74 dan 29,61 mg/g untuk Cr(III), Cu(II) dan Zn(II), masing-masing.

Referensi

- A. Khan, S. Khan, M.A. Khan, Z. Qamar, M. Waqas, The Uptake And Bioaccumulation Of Heavy Metals By Food Plants, Their Effects On Plants Nutrients, And Associated Health Risk: a review, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 (2015) 13772e13799
- Aziz, A.; Ouali, M.S.; Elandalousi, E.H.; De Menorval, L.C.; Lindheimer, M. Chemically modified olive stone: A low-cost sorbent for heavy metals and basic dyes removal from aqueous solutions. *J. Hazard. Mater.* 2009, 163, 441–447.
- Bhattacharya, A.K.; Naiya, T.K.; Mandal, S.N.; Das, S.K. Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr(VI) from aqueous solutions using different low-cost adsorbents. *Chem. Eng. J.* **2008**, 137, 529–541
- Cochrane, E.L.; Lu, S.; Gibb, S.W.; Villaescusa, I. A comparison of low-cost biosorbents and commercial sorbents for the removal of copper from aqueous media. *J. Hazard. Mater.* **2006**, 137, 198–206.
- J. Singh, A.S. Kalamdhad, Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life, *International journal of Research in Chemistry and Environment* 1 (2011) 15e21
- Kumar, A.; Rao, N.N.; Kaul, S.N. Alkali-treated straw and insoluble straw xanthate as low cost adsorbents for heavy metal removal—Preparation, characterization and application. *Bioresour. Technol.* 2000, 71, 133–142.
- Kyzas, George.Z, Green Adsorbents for Wastewaters: A Critical Review, *Materials* 2014, 7, 333-364; doi:10.3390/ma7010333

- L.B. Escudero, P.Y. Quintas, R.G. Wuilloud, G.L. Dotto, Biosorption of metals and metalloids, in: G. Crini, E. Lichtfouse (Eds.), Green Adsorbents for Pollutant Removal: Innovative Materials, Springer International Publishing, Cham, 2018, pp. 35e86
- Pearce, C.I.; Lloyd, J.R.; Guthrie, J.T. The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: A review. *Dye. Pigment.* **2003**, *58*, 179–196.
- Purwaningsih, L., Rachmaniyah, dan P. Hermiyanti. 2019. *Penurunan Kadar Besi (Ii) Pada Air Bersih Menggunakan Ampas Daun Teh Diaktivasi*. Jurnal GEMA Lingkungan Kesehatan. *17*(2): 92 – 99
- Sharma, P.; Kaur, H.; Sharma, M.; Sahore, V. A review on applicability of naturally available adsorbents for the removal of hazardous dyes from aqueous waste. *Environ. Monit.Assess.* **2011**, *183*, 151–195