

BAHAYA PENCEMARAN SENYAWA MERKURI DAN
DEKSTOKSIKASINYA SECARA MIKROBIOLOGIS

oleh : Ir. Robert Kasmidjo *)

Di Indonesia mulai banyak dijumpai berbagai kasus pencemaran oleh bermacam-macam industri, terutama industri kimia. Justru sebenarnya cara penanganan air buangan industri kimia dan makanan/bahan makanan seperti pabrik-pabrik asam sitrat, tapioka, mono sodium glutamat (MSG) dan pengalengan bukanlah merupakan masalah yang sulit. Di negara-negara industri hal itu sudah merupakan kegiatan rutin, menjadi bagian dari usaha produksi. Kalau mau teknik penanganan yang sudah diterapkan di negara-negara industri dapat saja digunakan di negara kita. Persoalan sebenarnya ialah karena tidak/belum adanya Undang-undang Anti Pencemaran di negara kita. Kalau Undang-undang tersebut sudah ada, masalah cara penanganan air buangan/bahan sisa harus sudah termasuk dalam Rencana Pendirian Pabrik yang ikut diperhitungkan sebagai investasi. Dan ternyata investasi tambahan ini dapat mencapai 20-30 persen dari investasi yang diperlukan untuk menghasilkan komoditinya sendiri. Tentu dapat dimengerti kalau para investor akan menghindari investasi tambahan ini kalau tidak terikat oleh undang-undang. Kecuali kalau investornya seorang moralis sehingga mampu mengalahkan perhitungan ekonomi.

Di negara industri, kini para ahli lingkungan (environmentalist) dipusungkan oleh akibat pencemaran yang timbul karena senyawa-senyawa merkuri. Dalam industri, senyawa merkuri banyak dipakai sebagai katalisator dalam berbagai proses reaksi. Misalnya pada proses produksi asetaldehid dan vinil klorida dari asetilen yang keduanya memerlukan senyawa air raksa sebagai katalisator. Dan air buangan dari industri ini tercemar oleh metil merkuri. Di Jepang, pencemaran oleh metil-merkuri di atas terakumulasi dalam tubuh ikan dan memberi akibat serius pada para konsumennya. Kasus ini dikenal sebagai penyakit minamata yang mencelakai 283 orang kor-

*) Penulis adalah staf pengajar pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.-

ban, 59 orang di antaranya meninggal. Bahaya pencemaran merkuri bukan saja timbul dari industri pemakai senyawa merkuri sebagai katalisator proses, tetapi juga dari industri penghasil senyawa-senyawa merkuri yang ikut meningkat karena makin besarnya peranan senyawa merkuri. Di samping itu senyawa merkuri dipakai sebagai insektisida antara lain berupa senyawa merkuri khlorida dan vinil merkuri asetat. Walau pun bahaya akibat pencemaran senyawa merkuri amat serius, tindakan penghentian produksi industri-industri penyebab pencemaran tidaklah tepat. Karena tindakan ini dapat mengganggu kegiatan perekonomian yang berkaitan dengan berbagai kegiatan lainnya. Kalau pun terpaksa dilakukan penghentian produksi tentu hanya bersifat sementara. Oleh karenanya perlu diusahakan cara mengurangi atau memunahkan bahaya pencemaran oleh senyawa merkuri. Telah dicoba usaha penjinakan secara fisika dan kimia tetapi hasilnya belum memuaskan, dalam arti keamanannya belum terjamin dan secara ekonomis tidak menguntungkan.

Maka kini mulai dipikirkan pula cara penanganan senyawa merkuri sebagai bahan sisa ini secara mikrobiologis. Kenapa tidak? Di kalangan peminat mikrobiologi dikenal suatu motto yang bunyinya "Mintalah kepada mikrobial, kita pasti memperolehnya; Bersahabatlah dengan mikrobial karena ia akan setia tanpa pernah berkianat." Tentu saja motto di atas tidak memiliki arti harifiah. Kita harus bekerja keras untuk dapat mengajukan permintaan dan menawarkan persahabatan kepada mikrobial. Dan benar bahwa manusia telah mendapatkan banyak hal dari mikrobial. Sejak peradapan Mesir dan Yunani kuno mikrobial telah membantu manusia menyediakan roti dan anggur (sebagai ragi roti dan ragi anggur). Di masa kini manusia memperoleh vitamin, hormon, enzim, antibiotika dan berbagai macam metabolit yang berguna. Bahkan manusia telah menuntut pengorbanan berupa dirinya sendiri (sel) untuk disantap atau diumpangkan sebagai protein sel tunggal. Dan pada kesempatan dalam ruangan Monitor yang sempit ini akan dibahas aksi dari sahabat setia kita (mikrobial) dalam membantu menjinakan keganasan sifat racun dari senyawa merkuri.

Pemikiran cara detoksikasi senyawa merkuri timbul dari kenyataan dan pertanyaan yang sederhana dan kuno. Hampir pasti bahwa sebagian dari senyawa merkuri cemar yang dibuang akan mengalami detoksikasi secara alami

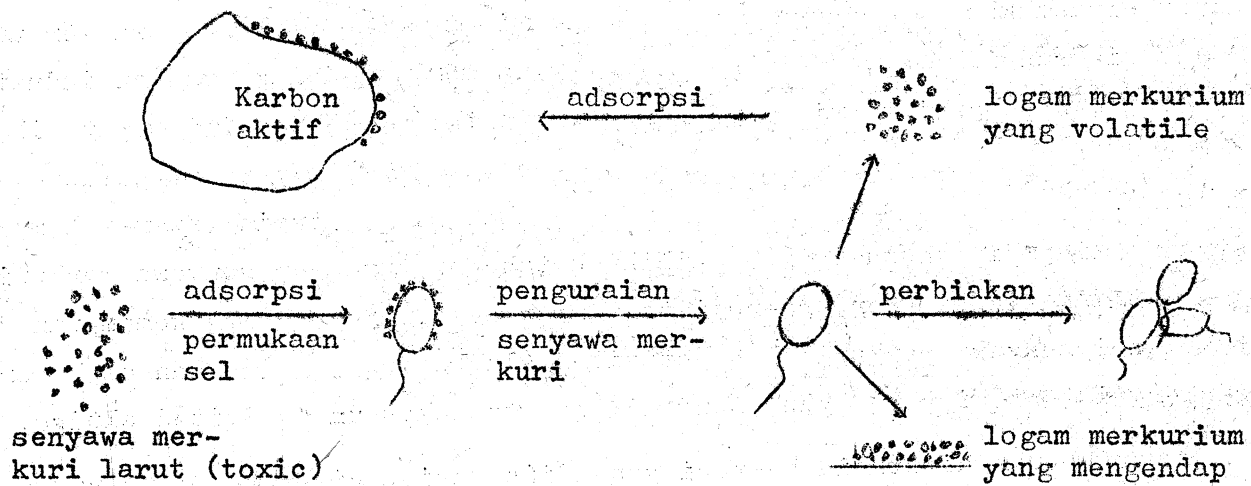
karena alam memiliki sistem pemurnian diri (self purification). Dan diketahui bahwa mikrobial memiliki peranan amat penting dalam sistem ini. Lalu timbul pertanyaan, apa yang sebenarnya terjadi terhadap senyawa merkuri dalam proses pemurnian alami tersebut? Kenyataan ilmu mikrobiologi menunjukkan bahwa senyawa merkuri memiliki sifat oligodinamik. Namun mikrobiologiawan tetap percaya akan persahabatannya dengan mikrobial. Pada tahun 1968 muncul publikasi oleh A. Jernelov (Swedia) yang menyatakan bahwa metil merkuri dapat dihasilkan dari senyawa merkuri anorganik oleh kegiatan mikrobial. Dan para peneliti Jepang menemukan bahwa senyawa merkuri organik mau pun senyawa merkuri anorganik dapat diubah menjadi logam merkuri oleh kegiatan mikrobial. Ini berarti daya racun senyawa merkuri dapat dipunahkan dan bahaya yang timbul akibat pencemaran senyawa merkuri dapat dikurangi. Usaha detoksikasi senyawa merkuri dalam buangan industri digolongkan sebagai tertiary (advanced) treatment. Usaha ini dapat dikerjakan dengan bantuan activated sludge process atau menggunakan selected process. Dalam selected process dioperasikan suatu strain (atau kelompok strain) mikrobial khusus yang memiliki ketahanan terhadap senyawa merkuri konsentrasi tinggi (mercuri-resistant microbes). Sebenarnya kemampuan detoksikasi senyawa merkuri oleh activated sludge juga disebabkan oleh mercuri-resistant microbes yang menjadi anggota penyusun activated sludge.

Dari berbagai strain bakteri yang diisolasi dari tanah di pabrik penyebab pencemaran senyawa merkuri, diperoleh strain-strain bakteri yang memiliki toleransi tinggi terhadap senyawa merkuri organik mau pun merkuri anorganik. Dalam tabel berikut menunjukkan ketahanan dari beberapa strain bakteri tersebut.

Nampak bahwa sahabat-sahabat baru yang tergolong strain tahan merkuri ini memiliki ketahanan ribuan sampai puluhan ribu kali lebih besar dibandingkan dengan strain pada umumnya. Dari studi yang telah dikerjakan dengan strain K-62 dipunyai dugaan mekanisme detoksikasi senyawa merkuri seperti nampak pada gambar 1. Mula-mula senyawa merkuri yang larut diadsorpsi ke permukaan sel bakteri. Kemudian melalui serangkaian proses biokimia senyawa tadi dirombak oleh sel menjadi logam merkuri yang mengendap atau menguap. Menguapnya logam merkuri ini dibuktikan dengan adsorp

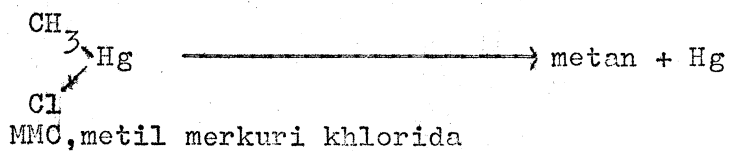
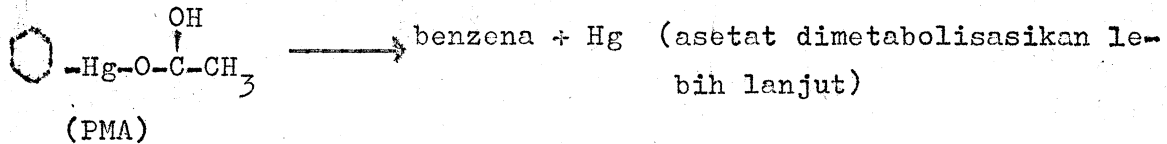
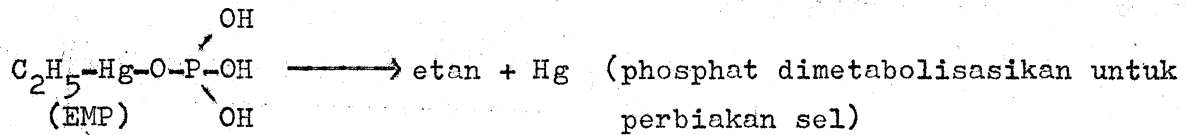
Tabel: Ketahanan beberapa strain mikrobia terhadap senyawa merkuri

Mikrobia	Konsentrasi senyawa merkuri yang bakteriostatik (ppm)		
	Merkuri khlorida	Phenyl mercuric acetate	Ethyl mercuric Phosphate
Starin-strain yang tahan merkuri:			
K-62	450	120	20
H-41	500	150	40
R-6	500	6	3
<u>Escherichia coli</u>	0,1	0,05	0,05
<u>Bacillus subtilis</u>	0,1	0,05	0,05
<u>Pseudomonas sp</u>	1,0	0,1	0,1
<u>Ps. aeruginosa</u>	0,1	0,1	0,02



Gambar 1 : Mekanisme detoksikasi senyawa- merkuri oleh bakteri tahan merkuri

si oleh karbon aktif. Proses pemecahan senyawa merkuri oleh sel merupakan usaha memperoleh enersi. Di samping itu dari beberapa senyawa merkuri tertentu diperoleh pula unsur C, O atau P guna pembiakan sel. Pada percobaan dengan beberapa senyawa merkuri organik diperoleh reaksi sebagai berikut :



Pemecahan senyawa merkuri ini oleh enzima-enzima sel bakteri. Dalam proses tersebut terbukti bahwa sitokrom c memegang peranan yang amat penting. Reaksi hanya dapat berlangsung dengan bantuan NAD dan senyawa bergugus sulfhidril (-SH), seperti Na-tioglikolat, L-sistin, DL-homosistin, glutation tereduksi, merkaptoetanol. Senyawa-senyawa dengan gugus -SH ini berperan mengikat senyawa merkuri, karena diketahui senyawa dengan gugus -SH mempunyai afinitas yang kuat terhadap senyawa merkuri.

Percobaan dengan senyawa-senyawa merkuri anorganik menunjukkan bahwa strain K-62 juga dapat mendetoksikasi, kecuali senyawa HgS.

Dengan hasil-hasil percobaan di atas terbukti bahwa mikrobial dapat digunakan sebagai pengendali yang efektif terhadap pencemaran oleh senyawa merkuri.

PUSTAKA

1. Higgins, I.J., R.G. Burus. 1978. The Chemistry and microbiology of pollution. Academic Press, London.

2. Rich, L.G. 1963. Unit process & sanitary engineering. John Wiley & Sons.
3. Sakaguchi, T., T. Uemura, S. Kinoshita, 1971. Biochemical and industrial aspects of fermentation. Kodansha LTD., Tokyo.

(AGRITECH VOL I NO. 1 1980 :31-36)