

PENCEMARAN DETERJEN DALAM PERAIRAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP ORGANISME AIR

Imam Taufik

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar, Bogor

ABSTRAK

Deterjen merupakan bahan pembersih yang terbuat dari bahan kimia sintesis dengan komponen utama berupa surfaktan. Karena dianggap bukan bahan berbahaya atau toksik maka sebagian limbah penggunaan deterjen sering dibuang ke dalam perairan sehingga merupakan sumber pencemaran yang potensial. Dalam konsentrasi tertentu deterjen dalam air dapat mengganggu difusi oksigen dari udara ke dalam air, selain itu senyawa fosfor dan nitrogen yang terkandung dalam deterjen dapat menyebabkan eutrofikasi pada perairan. Pengaruh lanjut deterjen terhadap organisme perairan adalah berupa penghambatan pertumbuhan dan menyebabkan degradasi fungsi pada berbagai organ tubuh dari organisme lain. Pengendalian pencemaran deterjen dalam air dapat dilakukan secara biologis dengan memanfaatkan tanaman air dari jenis mikrofit (alga) dan mikrofit (eceng gondok, asiwung, dan ganggang).

KATA KUNCI: deterjen, surfaktan, pencemaran perairan, pengendalian

PENDAHULUAN

Deterjen merupakan suatu bahan yang berbentuk cair (*liquid*) ataupun serbuk (*powder*) yang tersusun atas berbagai macam bahan penyusun. Klein (1962) mendefinisikan deterjen sebagai suatu bahan pembersih yang berasal dari bahan kimia sintetis sehingga berbeda dengan sabun. Komponen utama dari deterjen adalah surfaktan. Selain komponen utama tersebut terdapat pula bahan pembangun (*builders*) dan bahan aktif lain yang dibuat untuk menghasilkan penampilan yang baik sehingga menarik konsumen. Bahan pembangun umumnya berasal dari polifosfat yang akan berperan untuk mengaktifkan kerja surfaktan, sedangkan bahan tambahan merupakan bahan pengharum, pengkilat, pencegah noda, dan sebagainya. Bahan tambahan tersebut dapat berupa sodium silikat, sodium perborat, karboksilmetil selulosa, dan lainnya.

Kent (1992) membagi surfaktan deterjen menjadi empat kelompok, yakni: kelompok anionik, nonionik, kationik, dan amfoterik yang merupakan gabungan dari jenis surfaktan kationik dengan anionik. Namun demikian menurut Klein (1962), surfaktan dari kelompok anionik merupakan surfaktan yang paling banyak digunakan sebagai bahan pencuci.

Dari kelompok surfaktan anionik dikenal dua jenis surfaktan yang umum digunakan dalam industri, yaitu *Alkyl Benzenesulfonate* (ABS)

yang mempunyai rantai karbon bercabang. Karena rantai karbonnya yang bercabang menyebabkan jenis surfaktan tersebut lambat terurai secara biologis (*slowly biodegradable*). Rantai cabang ini sulit diuraikan karena mempunyai suatu penghalang yang kokoh sehingga mengakibatkan enzim mikroba pengurai tidak dapat menyerangnya. Jenis yang kedua adalah *Linier Alkylbenzene* (LAB) yang mempunyai rantai lurus (Kent, 1992). Selain LAB, surfaktan deterjen dengan rantai lurus yang umum digunakan adalah jenis *Alkyl Sulfate* (AS) dan *Alkyl Ethoxysulfate* (AES).

Alkylbenzen Sulfonate atau *Alkyl Sulfate* (AS) merupakan surfaktan anionik yang biasa dipakai dalam industri pembuatan shampo, pasta gigi, obat, kosmetik, dan bahan-bahan keperluan mandi dan mencuci (Dyer *et al.*, 1997). AS yang biasa digunakan dalam produk-produk pasar biasanya mempunyai rantai alkyl yang panjang yaitu C_{12} sampai C_{18} dan mempunyai rantai cabang *ethyl* atau *methyl* (Fendinger *et al.*, 1992).

Produksi dan penggunaan deterjen berkembang secara dramatis karena sifat yang dimilikinya untuk mendispersi, membasahi, dan mengemulsi, sehingga penggunaan deterjen makin meningkat dalam berbagai industri. Tingkat penggunaan surfaktan AS di Amerika mencapai $1,4 \times 10^5$ metrik ton/tahun dan sebanyak $9,1 \times 10^4$ metrik ton/tahun digunakan

dalam produk pasar (Fendinger *et al.*, 1992), sedangkan di dunia penggunaan surfaktan AS mencapai $2,65 \times 10^5$ metrik ton/tahun (Hewin International, Inc., 1992 *dalam* Dyer *et al.*, 1997). Data tersebut menunjukkan bahwa tingkat penggunaan deterjen di dunia, termasuk Indonesia, cukup tinggi di mana sebagian limbah penggunaannya akan masuk ke dalam perairan sehingga merupakan salah satu sumber pencemaran yang sangat potensial.

INTRODUKSI DETERJEN KE DALAM PERAIRAN

Pada umumnya masalah penurunan kualitas perairan merupakan masalah yang terjadi pada negara-negara berkembang. Seiring dengan perkembangan jumlah penduduk, urbanisasi masyarakat ke perkotaan, makin meningkatnya proses pertanian dan pabrik menyebabkan semakin banyak limbah yang dibuang ke danau atau sungai yang mengakibatkan wilayah perairan tersebut mulai tercemar (Leopold & Devis, 1983).

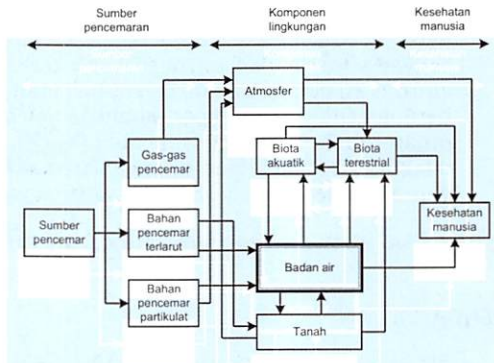
Pencemaran air terjadi apabila masukan zat organik maupun anorganik ke dalam suatu perairan melampaui kemampuan ekosistem mengasimilasi zat tersebut. Dengan dilampauinya kemampuan asimilasi ekosistem itu, terjadilah akumulasi zat organik dan atau zat anorganik yang terkandung dalam air. Akumulasi itu akan memacu perkembangan organisme tertentu, sementara organisme lain terhambat dan terdesak oleh organisme yang pertama sehingga dapat terjadi eutrofikasi dalam perairan tersebut.

Limbah yang seringkali mencemari perairan umum (danau dan sungai) adalah limbah yang berasal dari rumah tangga atau limbah domestik. Owen (1975) mengelompokkan limbah menjadi empat golongan utama, yaitu: limbah domestik, pertanian, industri, dan radioaktif. Deterjen merupakan salah satu komponen utama dalam limbah domestik dan industri.

Masuknya deterjen ke dalam perairan umum juga disebabkan karena pada umumnya masyarakat menganggap bahwa deterjen bukanlah suatu bahan yang berbahaya dan tidak bersifat toksik, sehingga limbah cairnya dapat dibuang langsung tanpa perlu perlakuan (*treatment*) khusus. Hal lain yang menyebabkan tercemarnya perairan oleh limbah deterjen adalah karena kurangnya kesadaran masyarakat terhadap kelestarian lingkungan, akibatnya perairan umum seperti sungai dianggap lokasi yang paling ideal sebagai Tempat Pembuangan

Akhir (TPA) dari limbah cair domestik sehingga perairan umum tersebut merupakan tempat akumulasi pembuangan limbah deterjen dari berbagai aktivitas di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS).

Pengaruh bahan pencemar yang berupa gas, bahan terlarut, dan partikulat terhadap lingkungan perairan dan kesehatan manusia adalah merupakan perpaduan tiga faktor yang saling berinteraksi. Secara skematik hubungan tersebut dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir pengaruh beberapa jenis bahan pencemar terhadap lingkungan perairan (Effendi, 2000)

SIFAT DETERJEN DI DALAM AIR

Deterjen dalam jumlah tertentu dapat mencemari lingkungan karena dapat menimbulkan banyak busa pada permukaan air, sehingga mengganggu difusi oksigen (O_2) dari udara ke dalam perairan yang secara tidak langsung mengganggu kehidupan organisme perombak. Selain itu, senyawa fosfor dan nitrogen yang terkandung dalam deterjen dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi pada perairan.

Surfaktan sebagai bahan utama deterjen mempunyai sifat yang mengumpul di permukaan, diantara dua fase, air dan udara atau lebih dari dua kondisi cairan seperti minyak dan air. Pengumpulan molekul surfaktan di permukaan ini yang akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan cairan (Kline, 1991). Pada batas antar fase ini keberadaan busa menyebabkan terbentuknya daerah antar fase yang lebih luas, sehingga terjadi akumulasi surfaktan dalam air busa yang menyebabkan terjadinya penurunan kepekatan beberapa ribu kali surfaktan dalam massa air (Pratt & Giraud, 1961 *dalam* Connel & Miller, 1995).

Surfaktan deterjen juga mempunyai sifat menarik air (*hidrofilik*) pada rantai SO_3 dan menolak air (*hidrofobik*) pada rantai $C_{12}H_{25}$ atau C_6H_4 atau pada rantai C_9H_9 (Austin, 1983). Karena sifat inilah surfaktan deterjen mudah untuk terdeposit di dasar perairan (Supriyono *et al.*, 1998).

Surfaktan merupakan suatu bahan yang dapat menyebabkan turunnya tegangan permukaan cairan (Connel & Miller, 1995). Dengan memiliki sifat tersebut bahan ini mampu menurunkan tegangan permukaan kotoran terhadap tegangan permukaan bahan yang dibersihkan. Pencemaran perairan oleh deterjen terutama disebabkan karena bahan *Alkyl Bensen Sulfonat* (ABS) yang mempunyai sifat sangat tahan terhadap penguraian oleh mikroorganisme perairan. Di samping itu bahan aktif yang bersifat stabil ini juga akan berpengaruh terhadap pemindahan dan kelarutan oksigen dalam perairan. ABS sulit diuraikan oleh bakteri karena rantai molekulnya tidak bercabang, akan tetapi meninggalkan residu berupa fenol yang merupakan bahan toksik terhadap organisme perairan yang akan terakumulasi dalam air. Menurut Lisanova (2001), secara umum pengaruh deterjen yang keras (ABS) adalah:

- Menurunkan tegangan permukaan air
- Menyuburkan pertumbuhan ganggang
- Pengemulsian minyak dan lemak
- Meningkatkan kekeruhan air
- Kematian organisme perairan

MEKANISME KERUSAKAN ORGAN IKAN AKIBAT PENCEMARAN DETERJEN

Pencemaran akan menyebabkan makhluk hidup melakukan berbagai respon, mulai dari pengaruh yang sangat kecil seperti perubahan tingkah laku sampai pengaruh sub-lethal seperti berkurangnya pertumbuhan dan kematian yang nyata (Connel & Miller, 1995). Polutan kimia yang rendah berpengaruh terhadap ketahanan organisme (Cairn, 1968 *dalam* Connel & Miller, 1995). Pengaruh sub-lethal dari surfaktan deterjen dapat terjadi dalam beberapa bentuk, di antaranya penghambatan pertumbuhan ikan (Mitrovic, 1972 *dalam* Connel & Miller, 1995). Kadar toksik deterjen pada setiap biota air berlainan, untuk fitoplankton berkisar 10–100 mg/L, makrofita 0,8–100 mg/L, krustasea dan anelida 0,1–10 mg/L, sedangkan untuk ikan berkisar 9–500 mg/L (Lisanova, 2001).

Pencemaran deterjen di perairan dapat berpengaruh pada berbagai organ ikan dan tingkat kerusakan yang timbul pada organ tersebut tergantung pada konsentrasi pencemaran dan waktu pemaparan. Beberapa organ ikan yang secara nyata dapat mengalami degradasi fungsi dengan adanya pencemaran deterjen dalam air adalah: kulit, insang, organ pencernaan, dan bahkan hati. Pengaruh tersebut secara singkat dapat digambarkan sebagai berikut:

Kulit

Kulit merupakan bagian terluar dari tubuh ikan yang langsung bersentuhan dengan lingkungan. Salah satu fungsi kulit yang dilapisi lendir pada ikan adalah sebagai alat pelindung sekaligus pertahanan terhadap faktor lingkungan biotik maupun abiotik. Kadar deterjen yang rendah menyebabkan berkurangnya lendir pada kulit ikan sehingga tubuh ikan akan mudah terinfeksi bakteri dan menjadi media yang baik bagi perkembangan jamur.

Organ Pernafasan (Insang)

Bahan aktif dari deterjen seperti *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dapat menghancurkan sel, kemudian mengganggu proses yang penting pada organisme. Insang sebagai organ vital pada ikan memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap racun di perairan termasuk deterjen. Kerusakan pada insang disebabkan karena terjadinya iritasi pada permukaan insang sehingga mengganggu proses respirasi (Bock, Gloxhabur & Ficher *dalam* Swedmark *et al.*, 1971).

Kelarutan deterjen dalam air akan memacu respirasi pada ikan sehingga mengakibatkan meningkatnya frekuensi bukaan operkulum insang, bahkan konsentrasi deterjen yang cukup tinggi. Menurut Metelev *et al.* (1971), dapat menyebabkan peningkatan frekuensi pernafasan sampai tiga kali dari keadaan normal. Dengan meningkatnya frekuensi pernafasan, *operkulum* insang akan semakin sering terbuka sehingga insang akan lebih sering kontak dengan air yang mengandung deterjen. Bila kelarutan deterjen masih dalam konsentrasi sub-lethal/kronis, maka akan terjadi *hiperplasia* (pembentukan jaringan yang berlebihan karena bertambahnya jumlah sel) dan *hipertrofi* (pertumbuhan yang tidak normal karena unsur-unsur jaringan yang membesar) yang merupakan adaptasi fisiologis permanen dalam kurun waktu tertentu yang disertai

dengan adanya perubahan struktur insang (Spector, 1993), sebagai respon insang ikan akibat adanya bahan cemaran toksik yang mengkontaminasinya.

Deterjen dalam air akan menyebabkan kerusakan sistem respirasi pada epitelium insang, sehingga ikan akan kehilangan keseimbangan dan sukar bernafas dan selanjutnya ikan tersebut akan mati dengan mulut terbuka, epitelium insang membengkak dan tubuhnya tertutup lendir (Gambar 2). Deterjen yang mencemari perairan dapat menyebabkan terjadinya *hemoraghe*, *excessucus*, *subepitelial* pada insang (Klinke, 1973) dan dapat mengakibatkan luka seperti *nekrosis*, *atrofi*, *hipertrofi*, dan *hiperplasia* (Bernet *et al.*, 1999). Pada ikan mas dan ikan trout, surfaktan deterjen *Dodecyl Sulfonate* pada konsentrasi 5 mg/L akan menyebabkan fusi pada lamela insang dan nekrosis (kematian sel akibat rusaknya jaringan sel) pada epitel insang dan lamela insang cenderung bersatu. Semakin tinggi konsentrasi deterjen akan semakin besar pula tingkat kerusakan sel epitelnya (Wilbert, 1971).



Gambar 2. Epitelium insang ikan mas yang mengalami hiperplasia (panah) akibat kontaminasi deterjen dalam air

Organ Pencernaan

Selain berdampak negatif terhadap organ pernafasan (insang), kelarutan deterjen dalam air juga dapat merusak organ pencernaan ikan. Masuknya deterjen ke dalam saluran pencernaan ikan akan terjadi bersamaan dengan aktivitas makan serta melalui makanan terkonsumsi yang telah terkontaminasi.

Konsentrasi sub-lethal deterjen dalam perairan dapat menyebabkan terjadinya *lisis*

(penguraian) dan *hiperplasia* pada *mucosal epithelium*, *nekrosis*, dan *excess mucus*. *Hiperplasia mucosal epithelium* pada usus ikan ditandai dengan pembengkakan pada *mucosal epithelium* secara berlebihan (*extrem*) sehingga menyebabkan terjadinya penyempitan *lumen* dari saluran pencernaan. Proses tersebut dapat mengakibatkan perubahan terhadap pola makan sehingga menurunkan laju pertumbuhan (lambat) dan tingkat sintasan yang rendah terutama pada stadia larva (Abel, 1974).

Menurut Supriyono *et al.* (1998), bahan aktif deterjen (surfaktan) juga dapat menyebabkan terjadinya dekromatisasi nukleolit dan pemisahan *columnar epithelium* pada organ pencernaan. Pengaruh sub-lethal surfaktan C_{12} LAS pada konsentrasi 0,042 mg/L selama 14 hari dapat menyebabkan terjadinya dekromatisasi *nukleoli* dan pemisahan *columnar epithelium* di lambung udang kuruma *Penaeus japonicus*.

Hepar

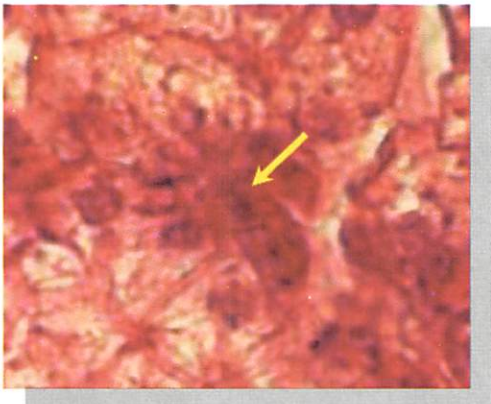
Hati (hepar) merupakan organ tubuh organisme air yang penting karena selain berhubungan dengan pengaturan substansi kimia di dalam aliran darah juga mempengaruhi fungsi metabolik yang kompleks (Marshall & Hughes, 1980 dalam Sarjono, 1995). Fungsi hepar yang penting dalam kaitannya dengan pencemaran/toksitas perairan adalah membantu proses pembuangan racun-racun dalam tubuh (Lagler, 1977 dalam Putranto, 1994). Deterjen yang larut dalam air akan masuk ke dalam hati bersama aliran darah sehingga akan mempengaruhi kinerja sel-sel hepar (hepatosit) yaitu dalam proses sintesis (gula, protein, dan lemak); metabolik (gula, lemak, protein, dan vitamin); dan ekskretorik (bilirubin, garam empedu, kolesterol, dan lain sebagainya). Kontaminasi tersebut dapat menyebabkan pembengkakan pada hepatosit yang merupakan pertanda terjadinya degradasi lemak, selain itu hepatosit juga mengalami *piknosis*, *karioreksis* (robeknya inti) dan *kariolisis* (rusaknya inti sel).

Dalam kondisi normal hepatosit terlibat aktif dalam metabolisme lemak yang secara terus-menerus dimobilisasi dari jaringan *adipose* ke dalam darah, akhirnya masuk ke sel hepar. Produk tersebut sebagian besar akan dioksidasi dan sebagian lagi akan disintesis menjadi lipoprotein dan dikeluarkan dari dalam sel atau diubah menjadi asam lemak dan disimpan dalam sel hepar itu sendiri. Degradasi lemak yang terjadi pada hepatosit disebabkan oleh adanya

gangguan pada proses tersebut sebagai akibat adanya substansi asing (deterjen) yang masuk ke dalam hepar bersama aliran darah.

Kontaminasi deterjen ke dalam hepar juga dapat mematikan sel hepar, yang disebabkan oleh *nukleus piknosis* ditandai dengan nukleus yang mengecil dan kromatin yang mengge-rombol; *karioreksis* ditandai dengan pecahnya nukleus serta hancurnya kromatin menjadi serpihan yang tersebar ke dalam; *kariolisis* ditandai dengan larutnya butir-butir kromatin serta difusinya butir-butir kromatin yang telah larut melalui membran nukleus. Dengan adanya kerusakan seluler pada hepatosit mengakibatkan menurunnya fungsi hepar sehingga suplai oksigen ke dalam jaringan berkurang (Gambar 3).

Deterjen dapat mendenaturasikan protein, menekan metabolisme organisme, bereaksi pada membran sel sehingga akan mengakibatkan hilangnya enzim-enzim dan koenzim tertentu (Connel & Miller, 1995). Namun menurut Belanger *et al.* (1995), Alkyl Sulfate akan memberikan respon positif terhadap pertumbuhan *Oligochaeta* pada konsentrasi 224—1.586 mg AS/L. Hal tersebut menurut Haet (1987), terjadi karena bahan-bahan kimia atau polutan yang diberikan dapat menstimulasi aktivitas kelenjar tiroid di mana kelenjar ini berhubungan dengan pertumbuhan. Pada udang kuruma *Penaeus japonicus*, dekromatisasi nukleoli dan pemisahan *colomnar epithellium* pada organ pencernaan dapat terjadi akibat perlakuan sub-lethal dari surfaktan LAS pada konsentrasi 0,042 mg/L selama 14 hari (Supriyono *et al.*, 1998).



Gambar 3. Sel yang mengalami nekrosis pada hati ikan sidat (panah) akibat kontaminasi deterjen dalam air

PENGENDALIAN LIMBAH DETERJEN DI DALAM PERAIRAN

Salah satu upaya untuk menanggulangi masalah pencemaran air yang cukup efektif dan efisien serta berwawasan lingkungan adalah secara biologis dengan menggunakan sistem daur ulang materi. Zat cemar yang terkandung dalam air digunakan kembali untuk menghasilkan biomas flora dan biomas tersebut dipanen untuk diproses menjadi produk tertentu. Unsur hara dalam air dapat dikendalikan antara lain dengan menggunakan tumbuhan air mikrofit. Tumbuhan air ini mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyerap baik senyawa anorganik maupun organik dalam air. Kecuali itu, tumbuhan air juga menyebabkan hilangnya bau dan terbunuhnya bakteri yang terdapat di dalam air.

Jenis tumbuhan air yang bisa digunakan untuk menyerap zat cemar yang terkandung dalam air adalah mikrofit dan makrofit. Tumbuhan mikrofit yang umum digunakan ialah alga, sedangkan jenis makrofit terdiri atas tumbuhan air yang mengambang, muncul dan terbenam. Contoh tanaman air tersebut secara berturut-turut adalah: eceng gondok (*Eichornia crassiper*), *Cyperus involucratus*, asiwang (*Typha angustifolia*) dan ganggang (*Hydrilla verticillata*). Senyawa yang diabsorpsi oleh tumbuhan air dalam bentuk terlarut di dalam air dipergunakan untuk proses metabolisme, tetapi ada pula beberapa zat yang diabsorpsi dan tidak digunakan untuk proses metabolisme sehingga diakumulasikan ke dalam jaringan tumbuhan tersebut.

Proses penyerapan zat oleh tumbuhan dari dalam air dapat digunakan sebagai filter untuk meningkatkan kualitas suatu perairan yang tercemar. Dengan demikian cara tersebut memberikan beberapa keuntungan dalam meningkatkan kualitas suatu perairan, yaitu:

1. Zat pencemar menjadi berkurang
2. Biaya pengolahan limbah dapat ditekan
3. Apabila limbah tidak bersifat racun, biomas tumbuhan yang diperoleh dapat dimanfaatkan antara lain sebagai makanan ternak, pupuk, dan bahkan sebagai sumber protein bagi manusia. Dalam hal limbah beracun, biomas dapat digunakan untuk pembuatan biogas

Laju penyerapan limbah yang terkandung di dalam air menunjukkan perbedaan antara berbagai jenis zat yang diserap dan berbagai jenis tumbuhan yang menyerap. Dari hasil penelitian Wolverton *et al.* (1975) menunjukkan

bahwa eceng gondok dan *Althernanthera philoxeroides* dapat digunakan sebagai filter untuk mengurangi zat pencemar yang terkandung dalam air. Agar didapatkan pertumbuhan maksimal dan penyerapan zat pencemar yang efisien, perlu dilakukan pemanenan tumbuhan air secara periodik. Biomass yang diperoleh dapat diproses menjadi pupuk, energi, dan makanan ternak.

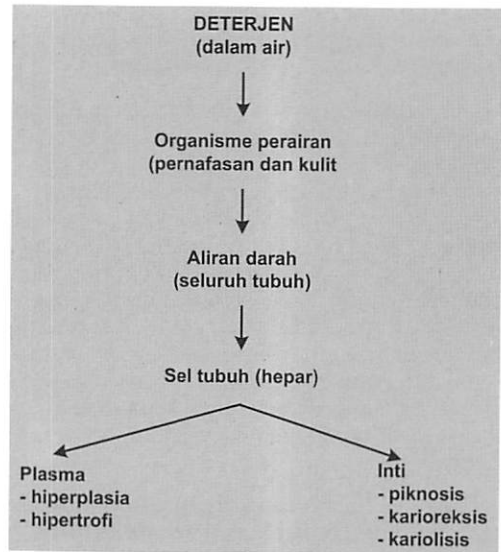
Senyawa fosfor dan nitrogen yang terkandung dalam deterjen dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi pada perairan (Awananto, 1995). Untuk menanggulangi eutrofikasi pada perairan akibat limbah deterjen tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan eceng gondok, karena tumbuhan air tersebut dapat menyerap unsur nitrogen dan fosfat berturut-turut sebesar 313 kg/ha/tahun dan 95,8 kg/ha/tahun.

Hocking (1985) melakukan percobaan dengan menggunakan *Cyperus involucratus* untuk membersihkan air limbah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lebih dari 60% kandungan N dan P yang diserap terdapat pada organ batang dan daun. Oleh karena itu dengan cara memangkas batang dan daun, sebagian unsur hara yang diakumulasi oleh tumbuhan tersebut dapat dipisahkan sehingga pada tahap regenerasi tumbuhan akan diperoleh tingkat penyerapan yang relatif konstan.

Proses daur ulang materi untuk memperbaiki kualitas air limbah yang sekaligus memanfaatkan tumbuhan air tersebut sebagai sumber protein untuk bahan campuran makanan ternak telah dilaporkan oleh Oron *et al.* (1984). Hasil percobaannya menunjukkan bahwa dengan menggunakan tumbuhan *Lemnaceae* didapatkan penurunan zat pencemar di dalam air limbah sekitar 50%—60% serta biomass dan protein yang diperoleh berturut-turut sebesar 8%—15% bobot kering dan 30%—45% bobot kering/m²/hari.

Kecuali mempunyai daya serap yang tinggi terhadap zat pencemar, tanaman air yang digunakan untuk mengendalikan pencemaran (deterjen) dalam air juga harus memenuhi beberapa persyaratan (Mitchell, 1978 *dalam* Hocking, 1985), yaitu:

- i. Mempunyai kecepatan tumbuh yang relatif konstan dan tinggi
- ii. Mudah berkembang biak
- iii. Mempunyai toleransi yang besar terhadap perubahan kualitas air
- iv. Mudah dipanen



Gambar 4. Alur kontaminasi deterjen ke dalam sel dan pengaruh yang ditimbulkan

KESIMPULAN

Beberapa hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan penggunaan deterjen serta dampaknya terhadap organisme perairan adalah sebagai berikut:

- ❖ Sumber pencemaran deterjen dalam perairan terutama berasal dari limbah domestik dan industri. Dengan peningkatan jumlah penduduk serta berkembangnya kegiatan industri akan menambah beban pencemaran deterjen dalam perairan
- ❖ Introduksi limbah deterjen ke dalam suatu perairan akan berpengaruh terhadap sifat fisika kimia air sehingga secara umum akan menurunkan kualitas dan daya guna air
- ❖ Kandungan deterjen dalam suatu perairan pada konsentrasi tertentu akan berpengaruh buruk terhadap organisme air (ikan), karena dapat merusak beberapa organ tubuh, seperti organ pernafasan (insang), organ pencernaan, dan hepar
- ❖ Pengendalian secara biologis dengan memanfaatkan tanaman air merupakan cara yang efisien (efektif, ekonomis, dan aman) untuk mengendalikan limbah deterjen di dalam perairan

Untuk menghindari atau mengurangi beban pencemaran deterjen ke dalam perairan sebaiknya terhadap limbah deterjen dikenakan perlakuan (*treatment*) sebelum masuk ke perairan umum sehingga dampaknya dapat

diminimalisir. Hal lain yang dapat dilakukan adalah dengan menciptakan sistem tata guna air bagi masyarakat yang berorientasi pada pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan (lestari).

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P.D. 1974. Toxicity of Symtthetic Detergen to Fish Aquatic Invertebrates. *J. Fish. Biol.*, (6): 279—298.
- Austin, G.T. 1983. *Sharve's Chemical Process Industries*. Fifth Edition. McGraw-Hill Book Company, New York, p. 531—535.
- Awananto, C. 1995. *Memilih Sabun atau Detergen*. Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia. Jakarta, 60 pp.
- Belanger, S.E., E.M. Meiers, dan R.G. Bausch. 1995. Direct and indirect ecotoxicological effect of Alkyl Sulfate and Alkyl Ethoxysulfate on Macroinvertebrates in stream mesocosms. *Aquatic Toxicology*. the Procter & Gamble Company, Cincinnati, USA, 33: 65—87.
- Bernet, D., H. Schmidt, W. Meier, P. Burkharat-Holm, and T. Wahli. 1999. *Histopathology in Fish: Proposal for a Protocol to Asses Aquatic Pollution*. Institute of Veterinary Pathology, University of Berne, Switzerland. B;lackwell Science Ltd., p. 25—34.
- Connel, D.W. and G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerbit Univ. Indonesia, Jakarta, p. 331—341.
- Dyer, S.D., J.R. Lauth, S.W. Morral, R.R. Herzog, dan D.S. Cherry. 1997. Development of a chronic toxicity structure-activity relationship for Alkyl Asulfate. *Environmental Toxicology Water Quality*, 12: 295—303.
- Fendinger, N.J., W.M. Begley, D.C. McAvoy, dan W.S. Eckhoff. 1992. Determination of Alkyl Sulfate surfaktan in nature water. American Chemical Society. Woshington DC. *Environmental Science Technology*, 26(12): 2,493—2,498.
- Haet, G.A. 1987. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press. Boca Raton Ann Arbor, Boston, 245 pp.
- Effendi, H. 2000. *Telaahan Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, 247 pp.
- Hocking, P.J. 1985. Responses of *Cyperus involucratus* Rootb to nitrogen and phosphorus, with reference to wastewater reclamation. *Water Res.*, 19(11): 1,379—1,386.
- Kent, J.A. 1992. *Riegel's: Handbook of Industrial Chemistry 9th ed.* Van Nostrand Reinold, New York.
- Klein, L. 1962. *River Pollution II, Couse and Effect*. Butterworth, London, 547 pp.
- Kline, C. 1991. *Chemistry at Work in The Western States*. McGraw-Hill. Inc., New York, p. 45—48.
- Klinke, R. 1973. *Fish Pathology*. A guide to the recodnition and treatment of disease and injuries of fish with emphasis on environmental and pollution problems. T.F.H. Publication, Inc. England.
- Leopold, L.B. and K. Devis. 1983. *Air*. Edisi ke-2. Tira Pustaka Jakarta. (Terjemahan). p. 30—40.
- Lisanova, Y.C. 2001. Deterjen. *Kumpulan Makalah Toksikologi Lingkungan*. Program Pasca Sarjana, Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Indonesia, p. 40—45.
- Meteev, V.V., A.I. Kanaev, and N.G. Dzasokhava. 1971. *Water Toxicology*. Amerind Publishing, Co. PVT Ltd. New York, p. 150—155.
- National Academy of Sciences. 1976. *Making Aquatic Weeds Usefull: Some Perspectives for Developing Countries*. Woshington, D.C., p. 115—116.
- Oron, G., L.R. Widlschut, and D. Porath. 1984. Waste water recycling by duckweed for protein production and effluent renovation. *Wat. Sci. Tech.*, 17: 803—817.
- Putranto, D.I. 1994. *Toksisisitas dan Pengaruh Subletal Ammonium Sulfat terhadap Struktur Branchia, Hepar serta Pertumbuhan Ikan Karper (Cyprinus carpio L)*. Fakultas Biologi-UGM. Yogyakarta.
- Sarjono, F. 1995. *Toksisisitas serta Pengaruh Patologik Sublethal Insektisida Chemithion 500 EC terhadap Ikan Tombro (Cyprinus carpio L)*. Fakultas Biologi-UGM. Yogyakarta.
- Spector, T.D. 1993. *Pengantar Patologi Umum*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. (Terjemahan), 391 pp.
- Supriyono, E., F. Takashima, dan C.A. Strussman. 1998. Toxicity of Linear Alkylbenzen Sulfonate (LAS) to juvenile kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*: A Histopathological Study on Acute and Sub-cronic Level. *Journal of Tokyo Univercity of Fisheries*.

- Swedmark, M., B. Braaten, E. Imanuelson, and A. Garanmo. 1971. Biological Effect of Surface Active Agent on Marine Animal. FAO, *International Journal on Life in Ocean and Costal Water*, 3: 183—421.
- Wolbert, C.E. 1971. *The Biological Aspect of Water Pollution*. Charles. C. Thomas Publisher. Springfield, Illinois, USA, 294 pp.
- Wolverton, B.C., and R.C. Mc. Donald. 1975. *Application of Vascular Aquatic Plant for Pollution Removal, Energy and Food Production in a Biological System*. NASA Technical Memorandum No. TM-X-72 726, 13 pp.