

BOD Sebagai Indikator Pencemaran Bahan Organik Perairan Sungai

Oleh: Rosyid Hariyadi; Ira Indranila.

INTISARI.

Air buangan (waste water) merupakan salah satu dampak negatif dari kegiatan di bidang industri. Ada air buangan yang mengandung bahan organik dan ada pula air buangan yang mengandung bahan anorganik. Pada umumnya air buangan atau limbah industri tersebut merupakan beban pencemar bagi perairan sungai dimana limbah tersebut dibuang.

Tanpa adanya usaha pencegahan ataupun penanggulangan pencemaran pada lahan perairan, jelas akan dapat menimbulkan gangguan bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Bahkan yang lebih gawat lagi apabila pencemaran tersebut menimbulkan gangguan atau merusak ekosistem alami.

Untuk mengukur tingkat pencemaran organik dapat diuji dengan uji BOD, dan BOD ini merupakan indikator untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik pada suatu perairan. Tulisan ini hanya merupakan suatu tinjauan, namun dengan harapan dapat dijadikan sebagai bahan pemikiran terutama dalam rangka penanggulangan pencemaran lingkungan.

PENDAHULUAN.

Salah satu konsekuensi dari kemajuan teknologi adalah terjadinya permasalahan dalam lingkungan hidup, seperti pencemaran air, udara maupun kebisingan. Bahkan pengaruh teknologi terhadap lingkungan hidup manusia bukan disebabkan oleh kekeliruan yang kecil yang tidak disengaja, tetapi oleh kekeliruan besar, dan bukan oleh kegagalan teknologi tetapi oleh keberhasilan teknologi. Kemajuan di bidang industri dimana

telah menimbulkan dampak negatif dalam bentuk buangan-buangan industri, yang merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran, yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan kehidupan.

Suatu perairan dikatakan tercemar yaitu apabila terjadi perubahan dalam kualitas dan komposisi sebagai akibat langsung ataupun tidak langsung kegiatan manusia, sehingga air tersebut kurang baik untuk keperluan manusia bagi kebutuhan air minum, rumah tangga, industri, perikanan, dan lain-lain (Kumar, 1977). Selanjutnya Cottam (1969) mengemukakan bahwa pencemaran air adalah menambahnya suatu material atau bahan dan setiap tindakan manusia yang mempengaruhi kondisi perairan sehingga mengurangi atau merusak dayaguna perairan tersebut. Namun secara umum pengertian pencemaran tersebut telah dibakukan dalam UU RI No. 4 Tahun 1982, pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak sesuai lagi dengan peruntukannya.

Pencemaran tidak saja berasal dari kegiatan di bidang industri, namun dapat juga disebabkan oleh kegiatan manusia di bidang domestik, pertanian, pertambangan (termasuk penambangan lepas pantai) dan lain sebagainya, yang pada umumnya dapat menimbulkan gangguan atau kerusakan pada lingkungan.

LATAR BELAKANG.

Air buangan industri mempunyai sifat berbeda-beda tergantung dari berbagai faktor seperti antara lain sumber air yang digunakan, jenis industri, bahan baku maupun proses produksinya. Menurut Winarno (1974) pada umumnya buangan industri dapat dibagi ke dalam dua bagian, yaitu air buangan organik dan air buangan anorganik. Air buangan organik atau air buangan yang mengandung bahan organik adalah air buangan yang berasal dari industri yang berhubungan dengan bahan organik seperti: pabrik pengolahan hasil pertanian, pabrik minuman dan makanan, pabrik obat-obatan, minyak dan lain sebagainya.

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air atau pencemaran bahan organik dalam perairan, biasanya dilakukan beberapa macam uji yang pada umumnya berdasarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menjalankan reaksi-reaksi kimia atau biokimia. Reaksi kimia yang bisa terjadi misalnya oksidasi bahan-bahan organik atau kalium dichromat, sedangkan reaksi biokimia di antaranya oksidasi bahan-bahan organik yang dikatalis oleh enzim-enzim yang berasal dari mikro organisme aerobik. Di sini oksigen yang dikonsumsi akan sebanding dengan keaktifan mikro

organisme, sedangkan keaktifan mikro organisme, sedangkan keaktifan mikro organisme sebanding dengan bahan organik yang terdapat di dalam air tersebut.

Salah satu cara menguji pencemaran bahan organik di dalam air buangan (waste water) adalah diuji dengan mengukur kandungan BOD. Menurut Stanton (1974), BOD (Biochemical Oxygen Demand) dari air buangan merupakan salah satu parameter penting untuk menyatakan tingkat pencemarannya. Penggunaan BOD ini dianggap mewakili dengan asumsi bahwa apapun komposisi bahan pencemar (pollutant) setelah dibuang akan segera mengalami perombakan dengan bantuan oksigen, yang diperlukan untuk pemecahan bahan tersebut dianggap sebagai ukuran tidak langsung dari banyaknya oksigen yang digunakan untuk pemecahan bahan pencemar.

Menurut Mahida (1981), pengukuran BOD merupakan uji coba yang paling berguna dan sensitip untuk mendeteksi dan mengukur pencemaran organik dan secara umum juga merupakan uji coba yang paling informatif dalam pengoperasian dan pengendalian instalasi-instalasi pembuangan air limbah.

PEMBAHASAN.

Pengertian.

(BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air secara sempurna dengan memakai ukuran proses biokimia yang terjadi di dalam larutan air buangan tersebut. Menurut Winarno (1974) berkurangnya oksigen selama bio oksidasi pada umumnya digunakan untuk: (i) oksidasi bahan organik, (ii) dalam proses sintesa sel, dan (iii) oksidasi sel dari mikro organisme. Secara sederhana reaksi-reaksi yang mengkonsumsi oksigen adalah sebagai berikut:

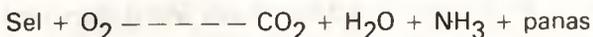
- a. Oksidasi bahan organik:



- b. Sintesa sel :



- c. Oksidasi sel :



Menurut Mahida (1981) uji BOD tergantung pada penentuan oksigen yang larut. Berdasarkan Standard Methods for the examination of Water and Waste Water (1965), dimana oksigen yang dikonsumsi dalam pengukuran BOD dapat diketahui dengan menginkubasikan sampel air pada suhu 20°C dalam jangka waktu 5 hari.

Tabel 1.
Waktu yang Dibutuhkan untuk Mengoksidasi Bahan Organik pada Suhu 20°C.

Waktu (hari)	Bahan organik teroksidasi (%)	Waktu (hari)	Bahan organik teroksidasi %
0,5	11	8.0	84
1,0	21	9.0	87
1,5	30	10.00	90
2,0	37	11.0	92
2,5	44	12.0	94
3,0	50	13.0	95
4,0	60	14.0	96
5,0	68	16.0	97
6,0	75	18.0	98
7,0	80	20.0	99

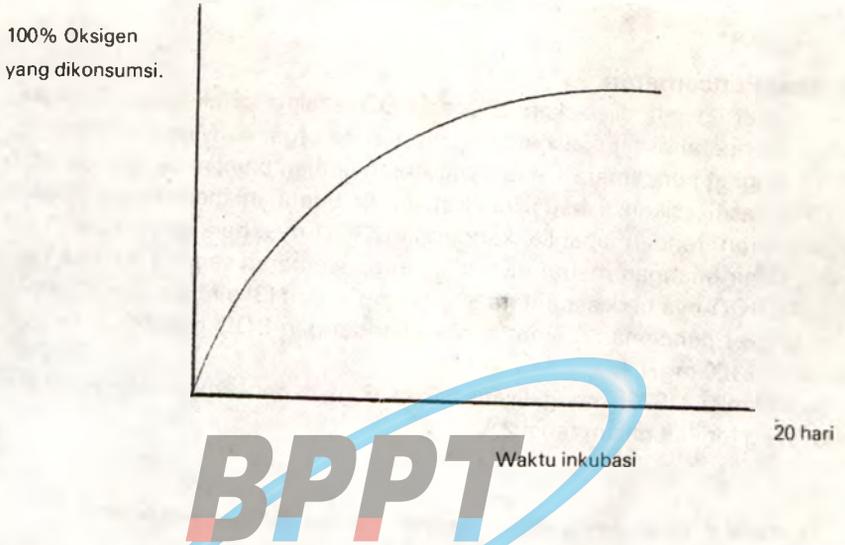
Sumber: Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 1965.

Dari tabel 1 tersebut di atas nampak bahwa untuk memecahkan bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu temperatur 20°C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari. Sebab untuk inkubasi selama 5 hari ternyata dapat mengukur sekitar 68% dari total BOD. Oleh karena itu dalam penelitian sering disebut pula sebagai BOD₅.

Selanjutnya menurut Eckenfelder dan O'Connor (1961) mengemukakan bahwa jumlah oksigen yang dikomposisi dan sisa oksigen yang tertinggal selama inkubasi dapat digambarkan dalam kurva seperti gambar 1 dan 2.

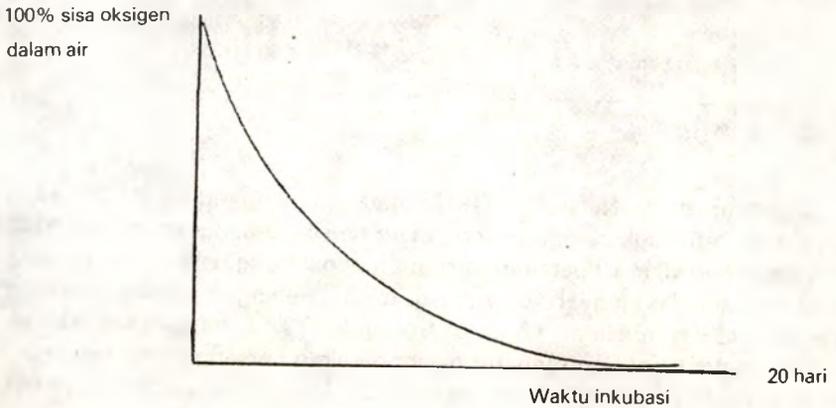
Gambar 1.

Hubungan antara jumlah oksigen yang dikonsumsi untuk oksidasi bahan organik dengan waktu inkubasi.



Gambar 2.

Hubungan antara sisa oksigen di dalam air dengan waktu inkubasi.



Dari gambaran ini BOD tidak dapat dipisahkan dengan oksigen terlarut (oxygen dissolved). BOD berbanding terbalik dengan oksigen terlarut. Makin tinggi kandungan BOD di dalam air limbah berarti kandungan oksigen terlarut berkurang, demikian sebaliknya makin tinggi kandungan oksigen terlarut berarti kandungan BOD di dalam air limbah semakin menurun.

Tingkat Pencemaran.

Seperti telah dijelaskan di atas BOD adalah indeks atau indikator untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik. Menurut Wahyudi (1977) tingkat pencemaran atau pengotoran limbah ditinjau dari kandungan BOD diklasifikasikan sebagai berikut: (1) air buangan mempunyai tingkat pencemaran rendah apabila kandungan BOD-nya berkisar antara 5–3 mg/l, (2) air buangan mempunyai tingkat pencemaran sedang apabila kandungan BOD-nya berkisar antara 30–60 mg/l, dan (3) air buangan mempunyai tingkat pencemaran berat apabila kandungan BOD mendekati hingga mencapai 100 mg/l.

Schmitz (1970) mengklasifikasikan tingkat pencemaran perairan seperti yang terlihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Pencemaran Perairan Ditinjau dari Kandungan BOD.

Tingkat Pencemaran	Besarnya kandungan BOD (mg/l)
Nihil/ringan	0,36 – 5,7
Sedang	0,55 – 7,7
Kritis	0,55 – 9,5
Parah	0,85 – 15,0
Sangat parah	1,60 – 25,0

Sumber : Schmitz (1970).

Sedangkan Mc Neely *et al* (1979), perairan mengandung BOD kurang dari 4 mg/l termasuk perairan yang cukup bersih, sedangkan apabila BOD lebih besar dari 10 mg/l perairan tersebut mengandung bahan organik yang dapat terurai dalam jumlah yang cukup besar. Sehingga perairan tersebut dikatakan sudah tercemar. Menurut Soesanto (1979), tingginya BOD berarti berkurangnya oksigen terlarut dalam perairan bersangkutan. Berdasarkan Standard Kualitas Air Minum menurut SK Menteri Kesehatan RI Nomor

01/BIR—HUKMAS/1/1975 tidak diperkenankan adanya kandungan BOD dalam air minum tersebut. Sedangkan menurut RPP RI (1983) mengenai kriteria kualitas air, dimana untuk golongan A tidak diperkenankan adanya kandungan BOD, sedangkan untuk golongan B maksimum kandungan BOD yang diperkenankan adalah 6 mg/l.

Penentuan BOD.

Pada prinsipnya uji BOD dapat dilakukan dengan mula-mula mengukur jumlah oksigen terlarut (DO) di dalam sampel air, kemudian diinkubasikan selama 5 hari pada suhu 20°C. Sisa DO yang tertinggal setelah inkubasi diukur, sehingga dapat diketahui jumlah oksigen yang dikonsumsi selama inkubasi tersebut. Oleh karena itu dalam penetapan BOD ini penting adanya mikro organisme untuk merombak yang terdapat di dalam sampel air, maka sampel harus dinetralkan atau dihilangkan dari zat-zat yang menghambat pertumbuhan mikro organisme.

Untuk penentuan BOD digunakan cara mengikuti Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (1965), yaitu sebagai berikut:

1. **Peralatan:**

Botol BOD (biasanya dilapisi cat hitam untuk menghalangi masuknya cahaya ke dalam botol); Pipet ukuran 25 ml; Buret 50 ml; Erlenmeyer 250 ml.

2. **Bahan-bahan :**

Indikator amylum; Larutan sulfamic acid (4 gram dalam 100 ml air dan H₂SO₄); Larutan MnSO₄ 48%; Larutan NaOH alkalis; Larutan 0,025 N Na₂S₂O₃.

3. **Prosedur :**

Isi botol BOD sampai hampir penuh dengan air sampel (lebih kurang 300 ml); Tambahkan 1 ml sulfamic acid dan kocok sampai merata; Tambahkan 1 ml MnSO₄, 3 ml NaOH alkalis, untuk kemudian ditutup, dikocok dan dibiarkan untuk kemudian dikocok lagi; Setelah mengendap tambahkan 1 ml H₂SO₄ pekat, apabila masih ada endapan harap dikocok, tambahkan 0,5 ml H₂SO₄ pekat dan kocok lagi; Ambil 50 ml air sampel dan masukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml; Titrasi dengan larutan Na₂S₂O₃, sampai berwarna kuning muda. Tambahkan amylum, tetrasasi lagi sampai warna biru hilang; Dilakukan pengenceran antara 1—5 kali bagi sampel air yang tidak tercemar/miskin unsur hara/perairan sungai daerah hulu, diencerkan antara 5—10 kali bagi sampel air yang telah tercemar/subur. Atau untuk melakukan pengenceran dapat dilihat pada Tabel 3; Air yang telah diencerkan tadi, sebagian ditentukan kadar oksigennya dan sebagian lagi disimpan dalam botol BOD dalam ruang gelap selama 5 hari pada tem-

peratur 20° (diinkubasikan), untuk selanjutnya ditentukan kadar oksigennya; $BOD (mg/l) = (DO \text{ contoh semula} - DO \text{ contoh setelah diinkubasikan 5 hari}) \times \text{pengenceran}$.

Tabel 3. Pengenceran yang harus dilakukan terhadap sampel air pada analisa BOD.

Jumlah DO pelarut (mg/l)	BOD min—maks (mg/l)	Persen larutan (%)	Jumlah sampel 300 ml (ml)
7	210 — 490	1	3
	105 — 245	2	6
	70 — 162	3	9
	53 — 123	4	12
	42 — 98	5	15
	35 — 82	6	18
	30 — 70	7	21
	26 — 62	8	24
	24 — 56	9	27
	21 — 49	10	30
	14 — 33	15	45
	11 — 25	20	60
	8 — 20	25	75
	4 — 10	50	150
	8	240 — 560	1
120 — 280		2	6
80 — 187		3	9
60 — 140		4	12
48 — 112		5	15
40 — 94		6	18
34 — 80		7	21
30 — 70		8	24
27 — 62		9	27
24 — 56		10	30
16 — 37		15	45
12 — 28		20	60
9,6 — 22		25	75
4 — 12		50	150

Sumber: Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (1965).

Kegunaan.

Seperti telah diketahui bahwa kandungan BOD dari suatu limbah tergantung dari berbagai faktor di antaranya sumber air, jenis industri, bahan baku serta proses produksinya. Air limbah atau air buangan industri mempunyai kandungan BOD yang berlainan satu sama lainnya, lihat Tabel 4.

Dengan adanya uji BOD untuk mengetahui tingkat pencemaran organik, baik yang berasal dari kegiatan industri, domestik ataupun pertanian, maka dapat diambil langkah-langkah untuk melakukan penanggulangan buangan bersangkutan sehingga sebelum air limbah tersebut dibuang ke perairan umum (sungai, selokan, danau, waduk dll.) diolah terlebih dahulu, sehingga tidak mengganggu ekosistem perairan khususnya dan lingkungan hidup manusia pada umumnya. Lund (1971) mengemukakan besarnya tingkat efisiensi pengolahan air buangan seperti yang nampak dalam Tabel 5.

Tabel 4. Nilai BOD dari Berbagai macam Air Buangan Industri (pada 20°C selama 5 hari).

Air buangan industri	BOD (mg/l)
Pengalengan	240 — 6.000
Pengalengan daging 2)	s/d 2.500
Pengalengan buah 2)	200 — 2.100
Pengalengan tomat 2)	180 — 4.000
Susu dan hasil susu	800 — 1.500
B i e r	420 — 1.200
Pengolahan gula 2)	500 — 1.500
Pengepakan	900 — 2.200
Tekstil	200 — 10.000
Pencucian	300 — 1.000
Air selokan	100 — .300

Sumber :

1) Eckenfelder dan D.J. O'Connor (1961).

2) Frazier, W.C. (1967).

Tabel 5. Tingkat Efisiensi Pengolahan Air Buangan.

Cara Pengolahan	Efisiensi Pengolahan %		
	BOD	Suspended solid	Total dissolved solid
Penyaringan	0 – 5	5 – 20	0
Sedimentasi	5 – 15	15 – 60	0
Koagulasi	25 – 60	30 – 90	0 – 50
Saringan biologi	40 – 85	80	0 – 30
Lumpur aktif	70 – 95	85 – 95	0 – 40
Kolam stabilisasi	30 – 60	30 – 80	– 40
Kolam oksidasi	50 – 95	50 – 95	0 – 40

Sumber : Lund (1971).

KESIMPULAN.

BOD tidak dapat digunakan untuk mengukur ataupun menghitung jumlah bahan organik yang terdapat di dalam air buangan, sebaliknya hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Oleh karena itu BOD dapat dijadikan sebagai indeks atau indikator tingkat pencemaran bahan organik dalam suatu perairan.

Dengan adanya uji BOD air buangan suatu industri atau aktivitas lainnya, diharapkan dapat diambil langkah-langkah untuk menentukan sistem ataupun metode pengolahan air buangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cottam, C., "Research for establishment of water quality criteria for aquatic life", Reprint Transact of the 2nd Seminar on Biology, April 20 – 24, Ohio, 1959.
2. Eckenfelder, W.W. and D.J. O'Connor., "Biological waste treatment", Pergamon Press Ltd., New York, 1961.
3. Frazier, W.C., "Food microbiology", Mc Graw Hill Book Company., New York, 1967.
4. Kumar, H.D., "Modern concept of ecology", Vikas Published Houses V.T. Ltd., New Delhi, 1977.
5. Lund, H.F., "Industrial pollution control hand book", Mc Graw Hill Book Co., New York, 1971.
6. Mahida, U.N., "Water pollution and disposal of waste water on land", Tata Mc Graw Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 1981.

7. Mc Neely, R.N.; V.P. Neimans and Dwyer., "**Water quality sourcebook, A guide to water quality parameter**", Inland Water Directorate Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 1979.
8. RPP.RI, "**Rancangan Peraturan Pemerintah RI tentang Pengendalian Pencemaran Air**", Kantor Menteri Kih, 1983.
9. Schemitz, W., "**General limnology and biological stream surveys as a simple means of defection pollution and controlling their effects**", Advance in Water Pollution Research Vol. 1, Pergamon Press Ltd., Braunschweig, 1971.
10. Soesanto, S.S., "**Kriteria kualitas air untuk keperluan penduduk**", Makalah: pada Seminar Pengendalian Pencemaran Air, 13—18 Nopember, DPMA, Bandung, 1978.
11. Stanton, W.R., "**Treatment of effluent from palm oil factories**", The Planter, p. 527 — 556, 1974.
12. Wahyudi, S., "**Suatu studi kasus mengenai perawatan dan perlindungan tenaga kerja di Jawa Barat**", Paper: pada Seminar Pencemaran Air dengan kaitannya dengan Teknologi Penanggulangan Pencemaran Air dalam bidang Industri Tekstil, Surabaya, 7—9 Pebruari, 1977.
13. Winarno, F.G dan S. Fardiaz., "**Polusi dan analisa air**", Departemen Teknologi Hasil Pertanian, FATEMETA IPB, Bogor, 1974.

