

© 2004 Sigid Hariyadi  
Makalah individu  
Pengantar Falsafah Sains (PPS 702)  
Sekolah Pascasarjana/S3  
Institut Pertanian Bogor  
Dosen:

Posted:19 December, 2004

## **BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH**

Oleh:  
**Sigid Hariyadi**  
C161040021  
[sigidh@indo.net.id](mailto:sigidh@indo.net.id)

### **Pendahuluan**

Dalam kasus-kasus pencemaran perairan, baik itu laut, sungai, danau maupun waduk, seringkali diberitakan bahwa nilai BOD dan COD perairan telah melebihi baku mutu. Atau sebaliknya, pada kasus pencemaran lainnya yang mendapat protes dari masyarakat sehubungan dengan adanya limbah industri, ditanggapi dengan dalih bahwa nilai BOD dan COD perairan masih memenuhi baku mutu. Dalam salah satu harian (Kompas edisi Senin, 12 Desember 1994) juga terdapat suatu berita dengan judul “Sebaiknya, parameter BOD dan COD tak dipakai penentu baku mutu limbah” yang kurang lebih merupakan pendapat dari salah satu pakar bioremediasi lingkungan dari Universitas Sriwijaya, Palembang. Menurut pakar tersebut, dalam banyak kasus kesimpulan yang hanya didasarkan pada hasil analisis BOD dan COD (juga pH) belum merupakan jawaban ada tidaknya pencemaran lingkungan oleh suatu industri. Di sisi lain, BOD dan COD adalah parameter yang menjadi baku mutu berbagai air limbah industri selain beberapa parameter kunci lainnya. Nampaknya terdapat persepsi pada sementara kalangan yang menempatkan BOD dan COD agak berlebihan dari yang seharusnya.

Sehubungan dengan hal tersebut, dalam tulisan ini akan dikaji apa itu sebenarnya BOD dan COD, bagaimana cara atau prinsip pengukurannya, dan apakah memang sebaiknya tidak dipakai sebagai penentu baku mutu air limbah.

### **Pengertian BOD dan COD**

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

Sedangkan COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

## Metode pengukuran BOD dan COD

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal ( $DO_i$ ) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) yang sering disebut dengan  $DO_5$ . Selisih  $DO_i$  dan  $DO_5$  ( $DO_i - DO_5$ ) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan *probe* khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa diura sebagai  $DO_5$ . Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga  $DO_5$  tidak nol. Bila  $DO_5$  nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan.

Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi, atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Secara rinci metode pengukuran BOD diuraikan dalam APHA (1989), Umay dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991) atau referensi mengenai analisis air lainnya.

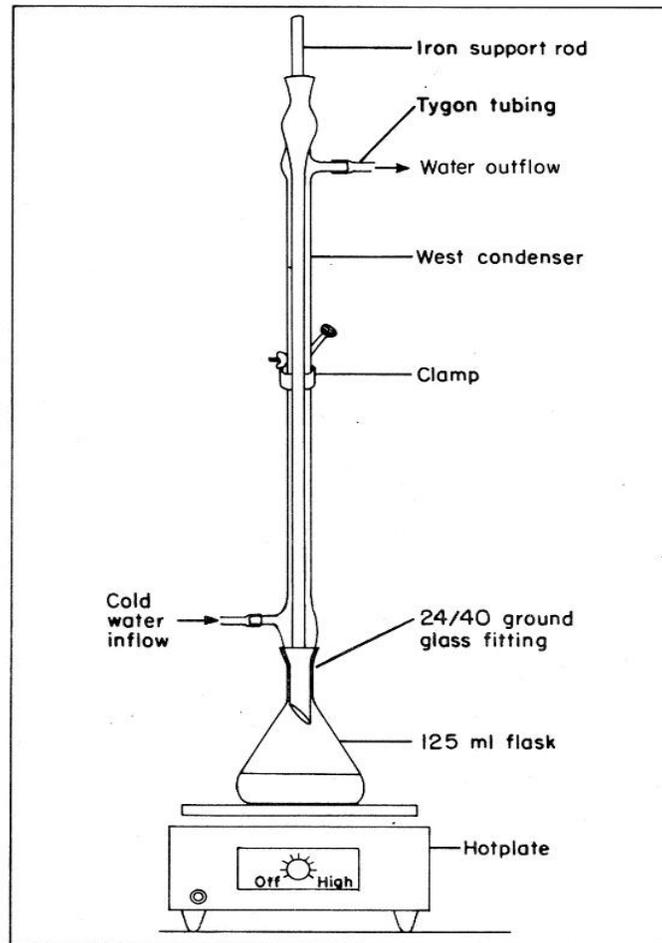
Karena melibatkan mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang cukup memerlukan waktu. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 - 99 %, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 - 70 % bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991). Lima hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebut-

kan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal BOD<sub>7</sub>, BOD<sub>10</sub>) agar tidak salah dalam interpretasi atau memperbandingkan. Temperatur 20 °C dalam inkubasi juga merupakan temperatur standard. Temperatur 20 °C adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang (Metcalf & Eddy, 1991) dimana teori BOD ini berasal. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara 25 - 30 °C, dengan temperatur inkubasi yang relatif lebih rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal sebagaimana yang diharapkan. Ini adalah salah satu kelemahan lain BOD selain waktu penentuan yang lama tersebut.

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, Umary dan Cuvin, 1988). Peralatan *reflux* (Gambar 1) diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi (De Santo, 1978), sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit '*over estimate*' untuk gambaran kandungan bahan organik.

Bilamana nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam. Walaupun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah urai (*biodegradable*), dan ini akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima

hari) mendatang. Lalu dengan membandingkan nilai BOD terhadap COD juga akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan.



Gambar 1. Peralatan reflux untuk pengukuran COD (sumber: Boyd, 1979)

### Baku mutu air limbah

Dalam rangka konservasi lingkungan, pemerintah telah menetapkan baku mutu limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai industri dan kegiatan lainnya dalam suatu Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Dalam

suratKEP-51/MENLH/10/1995 (Ekonorma, 1996) ditetapkan baku mutu limbah cair dari 21 jenis kegiatan industri, yang meliputi:

- industri soda kostik
- pelapisan logam
- penyamakan kulit
- minyak sawit
- pulp dan kertas
- karet
- gula
- tapioka
- tekstil
- pupuk urea
- ethanol
- MSG
- kayu lapis
- susu dan makanan dari susu
- minuman ringan
- industri bir
- sabun, deterjen & prod. minyak nabati
- baterai kering
- industri cat
- farmasi, dan
- industri pestisida.

Selain itu juga telah ditetapkan baku mutu limbah cair atau air limbah kegiatan-kegiatan lainnya seperti:

- kegiatan perhotelan (KEP-52/MENLH/10/1995),
- kegiatan rumah sakit (KEP-58/MENLH/12/1995),
- kegiatan minyak dan gas serta panas bumi (KEP-42/MENLH/10/1996),
- kegiatan domestik (Kep. MENLH No. 112 Tahun 2003), dan
- baku mutu air limbah kegiatan pertambangan batu bara (Kep. MENLH No. 113 Tahun 2003).

Di antara berbagai kegiatan tersebut hanya kegiatan industri soda kaustik, pelapisan logam, eksplorasi dan produksi panas bumi, pengilangan LNG dan LPG terpadu, serta kegiatan penambangan dan pengolahan batu bara yang baku mutu air limbahnya tidak menggunakan parameter BOD dan COD. Pada industri dan kegiatan lainnya, baku mutu air limbahnya menggunakan BOD dan COD, di samping pH, TSS dan parameter kunci lainnya (Tabel 1).

## **Pembahasan**

Dengan adanya baku mutu air limbah, maka tentu juga diperlukan baku mutu perairan, baik itu air tawar (sungai, danau, waduk, sumber air) maupun air laut. Pemerintah juga telah menetapkan baku mutu air ambien tersebut berupa Peraturan Pemerintah (PP) RI No. 82 Tahun 2001 tentang

Tabel 1. Parameter yang digunakan dalam baku mutu air limbah berbagai industri atau kegiatan sesuai SK MENLH (1995, 1996, 2003)

Industri/ Kegiatan:	Pen. kulit	Miny. sawit	Pulp krtas	Ka- ret	Gu- la	Tapi oka	Tek stil	Pu- puk	Eta- nol	MS G	Kayu lapis	Susu &mds	Soft drink	Bir
BOD	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
COD	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
pH	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TSS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Minyak -lemak	●	●			●		●	●					●	
Amonia	●			●			●	●						
Phenol							●				●			
Sulfida	●				●		●		●					
N total	●	●		●				●						
Cyanida						●								
Cr	●						●							

Industri/ Kegiatan:	Sabun d&mn	Dry cell	Cat	Far msi	Psti- sida	Soda / Cl <sub>2</sub>	Plps logam	Ho- tel	RS	Mi- gas	LNG	Panas bumi	Batu bara	Dom estik
BOD	●		●	●	●			●	●	●				●
COD	●	●		●	●			●	●	●				
pH	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TSS	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	●
Minyak -lemak	●	●	●					●		●	●			●
Amonia		●			●				●	●		●		
Phenol			●	●	●					●				
Sulfida										●				
N total				●										
Cyanida					●		●							
Cr		●	●			●	●							
Cu			●		●	●	●							
Hg		●	●			●						●		
Pb			●			●	●							
Cd			●				●							
Ni		●				●	●							
Zn		●	●			●	●							
Benzene					●									
Toluene					●									
Bahan aktif	●				●							H <sub>2</sub> S	Fe	
	PO <sub>4</sub>	Mn	Ti			Cl <sub>2</sub>					Cl <sub>2</sub>	As	Mn	
Coliform, PO <sup>3-</sup> , radioaktifitas								●						
Temperatur									●	●	●			

Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang didalamnya memuat baku mutu air tawar yang dibedakan dalam empat kelas. Juga telah ditetapkan baku mutu air laut melalui Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Didalam baku mutu air tersebut, tercakup semua parameter yang digunakan dalam baku mutu air limbah, termasuk BOD dan COD, ditambah parameter-parameter kualitas air lainnya, termasuk parameter biologi dan radio nuklida.

Sebagai ilustrasi, dalam PP Nomor 28/2001 tersebut baku mutu BOD bagi perairan Kelas dua yang dipergunakan untuk rekreasi air dan budidaya perikanan (akuakultur) misalnya, adalah lebih kecil dari 3 mg/L, sedang baku mutu CODnya adalah lebih kecil dari 25 mg/L. Untuk air laut, sebagaimana dalam Kep. MENLH Nomor 51/2004, baku mutu BOD untuk perairan bagi keperluan wisata bahari adalah 10 mg/L, sedangkan bagi biota laut baku mutu BOD adalah 20 mg/L. COD tidak termasuk parameter yang menjadi baku mutu air laut. Hal ini kemungkinan karena penentuan COD air laut relatif agak sulit sehubungan dengan interferensi atau gangguan keberadaan klorida (Cl) yang tinggi di air laut terhadap reaksi analitiknya.

Bila kita cermati baku mutu air limbah yang ada (Tabel 1), nampak bahwa walaupun BOD dan COD terpakai sebagai parameter baku mutu air limbah dari hampir semua kegiatan, tetapi keberadaannya adalah bersama-sama dengan dua atau lebih parameter lain yang menjadi parameter kunci dari kualitas air limbah kegiatan yang bersangkutan. Ini berarti, bukan hanya BOD dan COD yang menjadi penentu pencemaran air limbah, tetapi kesemua parameter yang menjadi baku mutu air limbah dari kegiatan yang bersangkutan. Dari Tabel 1 tersebut juga terlihat bahwa parameter pH dan TSS (*total suspended solids*) misalnya, juga berperanan penting dalam baku mutu limbah, yang lebih lanjut juga berarti berperan penting dalam penentuan tingkat pencemaran perairan. Dari nilai pH akan dapat diketahui apakah telah terjadi perubahan sifat asam-basa perairan dari nilai pH alaminya, bila nilainya lebih tinggi lebih dari satu unit di atas normal berarti perairan menjadi terlalu basa, sebaliknya bila terjadi penurunan maka perairan menjadi terlalu asam. Bila ini terjadi,

selain mengganggu biota atau ekosistem perairan, juga akan mengurangi nilai guna air. Demikian juga TSS, bila nilainya meningkat cukup signifikan, perairan akan tampak keruh dan terkesan kotor sehingga tentu saja mengurangi daya gunanya.

Dengan demikian, bila misalnya nilai BOD dan COD suatu perairan masih normal atau memenuhi baku mutu, belum dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi pencemaran, bila parameter kunci lainnya tidak diketahui. Karena bila parameter lainnya telah meningkat dan melebihi baku mutu, maka berarti ada indikasi pencemaran di perairan. Hal ini dapat terjadi karena bila terdapat bahan-bahan toksik (beracun) di perairan, logam berat misalnya (Mays, 1996; APHA, 1989), nilai BOD bisa jadi rendah atau masih memenuhi baku mutu, pada hal dalam air atau perairan tersebut terkandung bahan beracun atau air telah tercemar. Sebaliknya, bila nilai BOD dan COD telah cukup tinggi dan melebihi baku mutu, maka sudah dapat diduga ada indikasi pencemaran bahan organik.

Selain waktu analisis yang lama, kelemahan dari penentuan BOD lainnya adalah (Metcalf & Eddy, 1991): diperlukannya benih bakteri (*seed*) yang teraklimatisasi dan aktif dalam konsentrasi yang tinggi; diperlukan perlakuan pendahuluan tertentu bila perairan diindikasikan mengandung bahan toksik; dan efek atau pengaruh dari organisme nitrifikasi (*nitrifying organism*) harus dikurangi. Meskipun ada kelemahan-kelemahan tersebut, BOD tetap digunakan sampai sekarang. Hal ini menurut Metcalf & Eddy (1991) karena beberapa alasan, terutama dalam hubungannya dengan pengolahan air limbah, yaitu

- (1) BOD penting untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang akan diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi;
- (2) untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah;
- (3) untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam pengolahan limbah; dan
- (4) untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan yang diperbolehkan bagi pembuangan air limbah.

Karena nampaknya BOD akan tetap digunakan sampai beberapa waktu mendatang, maka penting untuk mengetahui sebanyak mungkin mengenai cara

penentuannya berikut segala keterbatasan atau kelemahannya. Menurut penulis, terlepas dari berbagai kelemahannya tersebut, BOD masih cukup relevan untuk digunakan sebagai salah satu parameter kualitas air yang penting. Karena dengan melakukan uji BOD secara apa adanya, yakni dengan tidak memperhatikan ada tidaknya kandungan bahan toksik, sedikit atau banyaknya kandungan bakteri, tetapi dengan tetap melakukan pengenceran atau aerasi bilamana diperlukan dan inkubasi pada suhu setara suhu perairan, maka akan diperoleh suatu nilai BOD yang akan memberikan gambaran kemampuan alami perairan dalam mendegradasi bahan organik yang dikandungnya. Dari nilai tersebut akan dapat dilihat apakah kemampuan perairan dalam mendegradasi bahan organik masih cukup baik atau sudah sangat rendah. Bila rendah, berarti kemampuan pulih diri (*self purification*) perairan sudah sangat berkurang.

## Kesimpulan

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- (1) BOD dan COD masih diperlukan sebagai parameter dalam baku mutu air limbah atau sebagai parameter pencemaran perairan, karena peranannya sebagai penduga pencemaran bahan organik dan kaitannya dengan penurunan kandungan oksigen terlarut perairan (oksigen penting bagi kehidupan biota air dan ekosistem perairan pada umumnya). Peranan BOD dan COD bukan sebagai penentu, tetapi setara dengan parameter lainnya yang menjadi parameter kunci sehubungan dengan dugaan pencemaran oleh kegiatan tertentu.
- (2) BOD adalah parameter penduga jumlah oksigen yang diperlukan oleh perairan untuk mendegradasi bahan organik yang dikandungnya, sekaligus merupakan gambaran bahan organik mudah urai (*biodegradable*) yang ada dalam air atau perairan yang bersangkutan. Bila uji BOD dilakukan tanpa perlakuan tertentu dan dengan suhu inkubasi setara suhu perairan, maka BOD dapat menggambarkan kemampuan perairan dalam mendegradasi bahan organik.

- (3) COD adalah parameter penduga jumlah total bahan organik yang ada dalam air atau perairan, baik yang mudah urai maupun yang sulit urai. Dengan memperbandingkan nilai COD dan BOD, akan diketahui gambaran jumlah bahan organik persisten (sulit urai) yang terkandung di dalamnya.

#### **Daftar Pustaka:**

- APHA. 1989. Standard methods for the examination of waters and wastewater. 17<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Washington, D.C. 1467 p.
- BOYD, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482 p.
- BOYD, C.E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. (4<sup>th</sup> printing, 1988). Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama. p 230.
- De SANTO, R.S. 1978. Concepts of applied ecology. Heidelberg Science Library. Springer - Verlag, New York. 310 p.
- EKONORMA. 1996. Himpunan Peraturan Perundang-undangan mengenai pengendalian dampak lingkungan - EKONORMA. Edisi satu. Pusat Pengembangan Informasi dan Penataan Lingkungan - PPIPL BAPEDAL. Yayasan Kalpawilis. Jakarta. p: 253-321. (Memuat KEP-51/MENLH/10/1995; KEP-52/MENLH/10/1995; KEP-58/MENLH/12/1995).
- Harian Kompas edisi Senin, 12 Desember 1994. "Sebaiknya, parameter BOD dan COD tak dipakai penentu baku mutu limbah" (artikel).
- KEP-42/MENLH/10/1996. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-42/MENLH/10/1996.
- Kep. MENLH No. 112 Tahun 2003. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003.
- Kep. MENLH No. 113 Tahun 2003. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003.
- Kep. MENLH No. 51 Tahun 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.
- MAYS, L.W.(Editor in Chief) 1996. Water resources handbook. McGraw-Hill. New York. p: 8.27-8.28.
- METCALF & EDDY, INC. 1991. Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse. 3<sup>rd</sup> ed. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill, Inc. New York, Singapore. 1334 p.

UMALY, R.C. dan Ma L.A. CUVIN. 1988. Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors, Biological factors. National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila. 322 p.

Peraturan Pemerintah (PP) RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.