

## Keadaan Eutrofikasi di Tasik Chini, Pahang (Eutrophic Condition at Tasik Chini, Pahang)

M. SHUHAIMI OTHMAN & E.C. LIM

### ABSTRAK

*Satu kajian kualiti air di Tasik Chini, Pahang telah dijalankan pada bulan Julai, Ogos dan September 2004. Sebanyak 15 stesen persampelan telah dipilih dan sebanyak 14 parameter kualiti air telah ditentukan dalam kajian ini. Keputusan yang diperolehi menunjukkan nilai purata keseluruhan tasik bagi tiga bulan persampelan bagi parameter suhu, oksigen terlarut, konduktiviti elektrik, jumlah pepejal terlarut, turbiditi, pH, ammonia-N, nitrat, fosfat, permintaan oksigen kimia, sulfat, permintaan elektrik oksigen biokimia dan jumlah pepejal terampai masing-masing adalah  $29.73 \pm 0.44$  °C,  $6.08 \pm 0.88$  mg/L,  $21.35 \pm 4.32$   $\mu$ S/cm,  $13.66 \pm 2.76$  mg/L,  $2.84 \pm 3.77$  NTU,  $6.63 \pm 0.24$ ,  $0.11 \pm 0.04$  mg/L,  $0.02 \pm 0.02$  mg/L,  $0.05 \pm 0.02$  mg/L,  $0.23 \pm 0.36$  mg/L,  $16.69 \pm 4.31$  mg/L,  $1.97 \pm 1.32$  mg/L dan  $5.17 \pm 3.67$  mg/L. Perbandingan dengan nilai Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) menunjukkan secara amnya parameter yang dikaji berada dalam kelas I-IV. Kepekatan klorofil-a adalah rendah pada bulan Julai dan September dengan purata  $1.4$   $\mu$ g/L, tetapi meningkat pada bulan Ogos dengan purata  $21.91$   $\mu$ g/L dan meletakkan Tasik Chini dalam status eutrofik pada bulan tersebut. Faktor-faktor yang menyumbang ke arah fenomena ini dibincang lanjut dalam kertas ini.*

*Kata kunci: eutrofikasi; Tasik Chini; nutrien; kualiti air*

### ABSTRACT

*A study on water quality in Tasik Chini has been conducted in July, August and September 2004. Fifteen sampling stations have been selected in Tasik Chini and 14 water quality parameters have been determined in this study. Results showed that the mean value for temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solid, turbidity, pH, ammonia-N, nitrate, phosphate, chemical oxygen demand, sulphate, biochemical oxygen demand and total suspended solid for three months sampling are  $29.73 \pm 0.44$  °C,  $6.08 \pm 0.88$  mg/L,  $21.35 \pm 4.32$   $\mu$ S/cm,  $13.66 \pm 2.76$  mg/L,  $2.84 \pm 3.77$  NTU,  $6.63 \pm 0.24$ ,  $0.11 \pm 0.04$  mg/L,  $0.02 \pm 0.02$  mg/L,  $0.05 \pm 0.02$  mg/L,  $0.23 \pm 0.36$  mg/L,  $16.69 \pm 4.31$  mg/L,  $1.97 \pm 1.32$  mg/L and  $5.17 \pm 3.67$  mg/L, respectively. Comparison to the Interim National Water Quality Standard (INWQS) showed that in general, all parameters studied were in class I-IV. Chlorophyll-a concentration was low in July and September with a mean value of  $1.4$   $\mu$ g/L, however in August the value increased to  $21.91$   $\mu$ g/L and indicated that Tasik Chini was under eutrophic conditions. Factors that contributed to this phenomena are discussed further in this paper.*

*Keywords: eutrophication; Tasik Chini; nutrient; water quality*

### PENGENALAN

Eutrofikasi adalah proses pengayaan nutrien dan bahan organik dalam jasad air. Ia merupakan masalah yang dihadapi di seluruh dunia sama ada di ekosistem air tawar mahupun marin. Eutrofikasi memberi kesan kepada ekologi dan pengurusan sistem akuatik yang mana ianya selalu disebabkan oleh kemasukan nutrien yang berlebihan terutama fosforus ke dalam jasad air daripada buangan pertanian dan kumbahan dari sumber titik dan bukan titik. Eutrofikasi boleh menyebabkan kembangan alga yang boleh mengakibatkan pengurangan biodiversiti akuatik, kehilangan kemudahan rekreasi, peningkatan kos rawatan air, masalah rasa dan bau serta pembebasan toksin dari

sesetengah spesies alga (OECD 1982; Tusseau-Vuillemin 2001). Eutrofikasi boleh meningkatkan perkembangan makrofit, epifitik dan plankton micro alga. Dalam keadaan yang ekstrem, perkembangan tumbuhan ini boleh mengurangkan penembusan cahaya ke dalam air. Apabila sel-sel yang mati mendap ke dasar dan vegetasi tumbuhan mereput, ianya boleh mengakibatkan pengurangan oksigen di bahagian dasar. Di samping itu, eutrofikasi juga boleh menyebabkan perubahan pH yang ketara, pengurangan oksigen terlarut terutama pada waktu malam, ledakan alga biru-hijau, pengurangan bilangan spesies makrofit dan penukaran warna air kepada hijau atau keperangan (Hilton & Irons 1998).

Proses eutrofikasi berlaku secara semula jadi apabila tasik dienuhi oleh sedimen kaya-nutrien yang mana ianya berlaku dalam tempoh jangka masa yang panjang (ribuan tahun). Walau bagaimanapun pada masa ini kebanyakan proses eutrofikasi adalah lebih ke arah eutrofikasi 'budaya' iaitu hasil pengayaan dan lebihan nutrien serta bahan organik ke dalam jasad air hasil sumber antropogenik (Tusseau-Vuillemin 2001) yang mana proses ini mengambil masa yang singkat bergantung kepada tahap pencemaran. Jasad air yang tidak mengalir (lentik) seperti tasik adalah lebih terdedah kepada fenomena eutrofikasi berbanding jasad air yang mengalir (lotik) seperti sungai. Di samping faktor nutrien (P dan N), kajian menunjukkan tasik yang mempunyai masa penahanan lebih daripada 3 hari adalah lebih terdedah untuk mengalami masalah pengayaan nutrien (Bennion et al. 2005). Ini kerana tasik yang mempunyai kadar pengaliran keluar yang lebih cepat daripada kadar perkembangan alga, maka alga tidak mempunyai masa yang cukup bagi pertumbuhan biojisim maksimum dan menggunakan semua nutrien yang ada kerana telah di alir keluar daripada sistem jasad air. Sebaliknya tasik dengan masa penahan yang lama akan membenarkan alga menggunakan semua nutrien yang ada dan meningkatkan biojisimnya ke maksimum (OECD 1982). Kajian yang telah dijalankan di England dan Wales menganggarkan kos bagi kesan eutrofikasi dalam meningkatkan kos rawatan air bagi kegunaan awam, kehilangan biodiversiti dan kehilangan nilai estetik lebih kurang £100 juta setahun dan kos bagi merawat kerosakan ini dianggarkan bernilai £55 juta (Pretty et al. 2003).

Tasik Chini merupakan tasik semula jadi yang kedua terbesar di Malaysia dan terletak di bahagian Tenggara negeri Pahang. Keluasan Tasik Chini berubah-ubah (150-350 hektar) bergantung kepada musim sama ada musim tengkujuh atau kering (Chong 2001). Ia terdiri daripada 12 kawasan air terbuka yang dikenali sebagai 'laut' oleh penduduk tempatan dan menerima air dari sungai-sungai kecil di sekitar kawasan tadahan hutan Chini sebelum mengalir keluar ke Sungai Pahang melalui Sungai Chini. Pada tahun 1995, satu empangan kecil (baraj) telah dibina di Kuala Sungai Chini untuk menakung air tasik bagi tujuan pelancongan. Empangan tersebut telah menyebabkan pengaliran air tasik menjadi kurang dinamik. Ekoran daripada pembinaan baraj di Sungai Chini, serta peningkatan aktiviti manusia seperti pertanian, perlombongan dan pembalakan, ekosistem semula jadi Tasik Chini mula menunjukkan tanda-tanda kemerosotan, seperti sebaran tumbuhan akuatik ekor kucing (*Cabomba furcata*), kemerosotan kualiti air, pengurangan tumbuhan teratai, pengurangan jumlah ikan serta peningkatan bakteria koliform dan *E. coli* (Shuhaimi-Othman et al. 2005; Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kutty 2005; Ainon et al. 2006). Oleh itu adalah penting kajian pemantauan kualiti air tasik ini dijalankan bagi melihat kesan pembangunan, pengaruh musim dan pembinaan baraj tersebut bagi pemuliharaan Tasik Chini.

Pensampelan air dalam kajian ini telah dijalankan pada

bulan Julai, Ogos dan September 2004. Empat belas parameter kualiti air telah dikaji bagi melihat status kualiti air pada bulan-bulan tersebut dan dikelaskan dengan menggunakan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS). Indeks Kualiti Air (IKA) juga ditentukan untuk melihat status kualiti air Tasik Chini secara keseluruhan (Tong dan Goh 1997; JAS 2002).

#### BAHAN DAN KAEDAH

Sebanyak 15 stesen persampelan yang merangkumi kesemua 12 kawasan jasad air terbuka atau 'laut' di Tasik Chini telah dipilih dalam kajian ini (Rajah 1). Nombor stesen yang digunakan (1-12) dikekalkan berdasarkan nama laut yang digunakan oleh penduduk tempatan bagi memudahkan identifikasi setiap stesen. Bagi kawasan/laut yang besar, dua stesen telah dipilih iaitu di laut 1 (stesen 1a dan 1b; Laut Gumum), laut 4 (stesen 4a dan 4b; Laut Tanjung Jerangking) dan laut 9 (stesen 9a dan 9b; Laut Melai). Di setiap stesen, sampel air permukaan diambil (3 replikasi) dan disimpan dalam botol HDPE 500 ml untuk analisis makmal (parameter fosfat, nitrat, ammonia, sulfat, COD dan TSS) dan botol kaca gelap 300 ml untuk analisis BOD. Sampel air yang diambil disimpan dalam kotak berisi ais serta disimpan dalam gelap untuk tujuan pengawetan (suhu < 4 °C).

#### PARAMETER *IN-SITU*

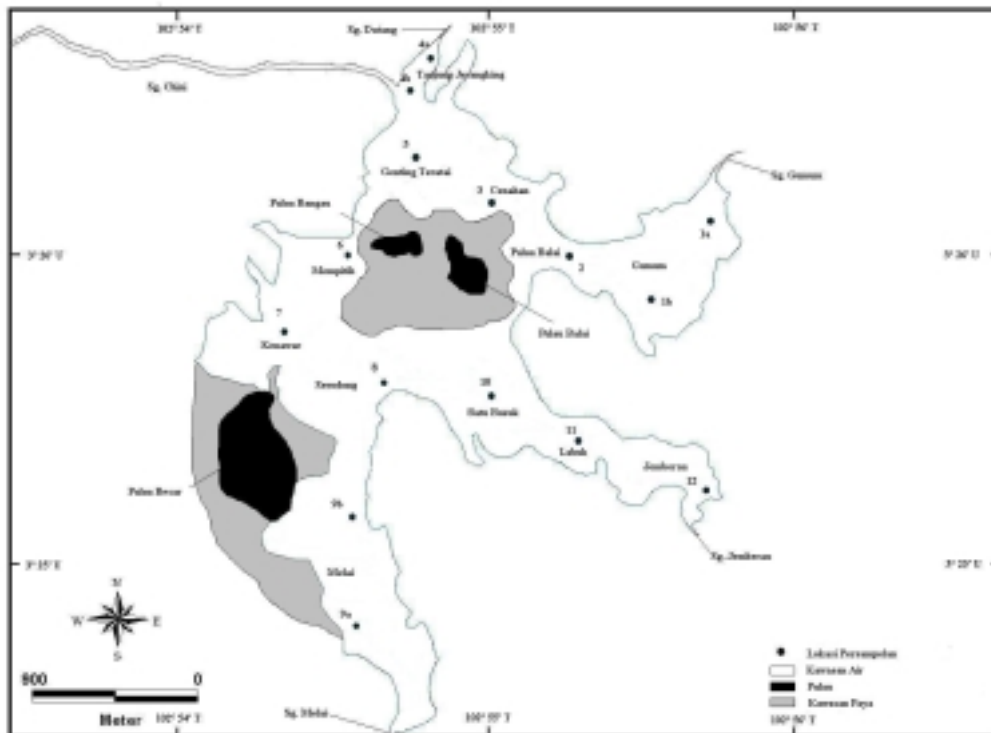
Parameter *in-situ* ditentukan dengan menggunakan HYDROLAB DataSonde® 4 dan Surveyer® 4a. Parameter yang diukur adalah suhu, oksigen terlarut (DO), pH, konduktiviti, jumlah pepejal terlarut (TDS), kekeruhan dan klorofil-a. Kalibrasi ke atas prob berlainan dilakukan di makmal sebelum pengukuran parameter di lapangan.

#### ANALISIS MAKMAL

Sampel yang diambil dari stesen persampelan diuji untuk 7 parameter kualiti air iaitu permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), jumlah pepejal terampai (TSS), ammonia-N, nitrat, sulfat dan fosfat. Semua kaedah adalah mengikut kaedah yang disarankan oleh kaedah piawai (APHA 1992) dan HACH (2003). Enam parameter iaitu pH, DO, COD, BOD, ammonia-N dan TSS digunakan dalam pengiraan IKA seperti yang dicadangkan oleh Jabatan Alam Sekitar, Malaysia.

#### ANALISIS STATISTIK

Ujian ANOVA sehalu dan Tukey-Kramer dijalankan bagi melihat perbezaan bererti bagi parameter yang dikaji dengan stesen yang berbeza dan bulan yang berbeza. Ujian korelasi dijalankan bagi melihat perkaitan dan pengaruh antara parameter-parameter yang dikaji.



RAJAH 1. 15 stesen persampelan di Tasik Chini, Pahang

#### HASIL DAN PERBINCANGAN

Hasil kajian ini ditunjukkan dalam Jadual 1. Berdasarkan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS), keputusan menunjukkan suhu bagi tiga bulan di 15 stesen Tasik Chini berada dalam julat suhu semulajadi. Konduktiviti berada dalam kelas I (<1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), TDS dalam kelas I (<500 mg/L), DO dalam kelas I-IV (>7-<3 mg/L), turbiditi dalam kelas I-II (<5-<50 NTU), BOD dalam kelas I-II (<1-<3 mg/L), COD dalam kelas I-III (<10-<50 mg/L), TSS dalam kelas I (<25 mg/L), ammonia-N dalam kelas I-II (<0.1-<0.3 mg/L), nitrat dalam kelas I (<7 mg/L) dan sulfat dalam kelas I (<250 mg/L). Tiada nilai fosfat dan klorofil-a yang diberikan oleh INWQS. Keputusan menunjukkan kebanyakan parameter yang dikaji menunjukkan tahap tidak tercemar atau hanya sedikit tercemar (kelas I-II) kecuali bagi oksigen terlarut di sesetengah stesen terutama di stesen 4a dan 4b dan juga parameter COD. Pengiraan nilai indeks kualiti air (IKA) menunjukkan tasik ini dikategorikan sebagai kelas II ( $88.94 \pm 4.84$ ) dan selamat untuk kegiatan rekreasi. Hasil kajian ini mendapati kualiti air yang diperolehi adalah dalam julat kepekatan yang hampir sama dengan kajian yang telah dijalankan di Tasek Bera, Pahang. Kajian di Tasek Bera menunjukkan julat suhu adalah di antara 23.7-31.2 °C, oksigen terlarut 1.36-4.00 mg/L, pH 4.45-6.83, kekonduksian 10.5-23.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , keliatan air 1.04-3.88 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , sulfat 0.96-5.59 mg/L, fosfat 0.00-0.105 mg/L, nitrat 0.01-0.29 mg/L dan ammonia-N 0.00-0.767 mg/L (Ikusima et al. 1982).

Bagi parameter klorofil-a, keputusan menunjukkan kepekatannya adalah rendah pada bulan Julai 2004 (1.76

$\mu\text{g}/\text{L}$ ), tetapi meningkat dengan mendadak pada bulan Ogos (21.91  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) dan turun kembali pada bulan September kepada nilai 0.97  $\mu\text{g}/\text{L}$  (Jadual 1). Kepekatan klorofil-a yang melebihi 8  $\mu\text{g}/\text{L}$  menunjukkan keadaan sistem trofik berada dalam keadaan eutrofik (Jadual 2). Di sesetengah stesen seperti stesen 9a, kepekatan klorofil-a mencecah sehingga 34.53  $\mu\text{g}/\text{L}$  yang menunjukkan keadaan hipertrofik (>25  $\mu\text{g}/\text{L}$ , OECD 1982). Pada bulan tersebut juga air Tasik Chini didapati berwarna kehijauan (pemerhatian semasa persampelan). Fenomena ini dikaitkan terutama akibat musim kemarau pada bulan tersebut dengan jumlah hujan yang direkodkan adalah rendah iaitu 2.20 mm berbanding pada bulan Julai (5.6 mm) dan September (7.45 mm) (Jadual 1). Kapanasan matahari yang tinggi dan pergerakan air yang kurang akibat kurangnya hujan pada bulan tersebut berkemungkinan penyebab utama fenomena ini. Analisis korelasi menunjukkan terdapatnya hubungan negatif yang signifikan antara kepekatan klorofil-a dan jumlah hujan ( $r = -0.348$ ,  $p < 0.05$ , Jadual 3). Kepekatan klorofil-a menurun dengan mendadak pada bulan September dengan peningkatan jumlah hujan pada bulan tersebut. Hujan yang lebat boleh meningkatkan pengaliran keluar air dari tasik, berlakunya pencairan dan mengurangkan sinaran matahari akibat penutupan awan (Le Gren & Lowe-McConnell 1980). Kajian ini menunjukkan suhu berkorelasi secara positif dan bererti dengan kepekatan klorofil-a ( $r = 0.381$ ,  $p < 0.05$ , Jadual 3).

Kepekatan nutrien terutama nitrat dan fosfat adalah stabil pada bulan tersebut dan berada dalam julat kepekatan yang sama dengan bulan Julai dan September. Walau

JADUAL 1. Purata (minima-maksima) bagi 15 stesen persampelan bagi parameter kualiti air, indeks kualiti air (IKA) dan jumlah hujan di Tasik Chini Pahang dari Julai hingga September 2004

ND – tidak dapat dikesan

\* Kelas I = >92.7; Kelas II = 76.5-92.7; Kelas III = 51.9-76.5; Kelas IV = 31.0-51.9; Kelas V = <31.0

JADUAL 2. Jadual klasifikasi sistem trofik

TP = kepekatan purata fosforus total tahunan dlm tasik  
 Purata Chl-a = kepekatan purata klorofil-a tahunan permukaan air  
 Purata Secchi = bacaan tahunan purata kedalaman ketampakan cakera Secchi  
 Sumber OECD (1982)

bagaimanapun, mengikut kriteria kualiti air Amerika Syarikat (EPA 1976) kepekatan fosfat yang melebihi 0.025 mg/L boleh merangsang pertumbuhan alga dan tumbuhan akuatik di dalam tasik. Kepekatan fosfat hasil kajian ini menunjukkan ianya dalam kepekatan yang melebihi 0.025 mg/L dengan purata antara 0.04-0.05 mg/L, oleh itu ianya berkebolehan untuk merangsang pertumbuhan alga di dalam tasik dan hanya menunggu keadaan yang sesuai seperti musim kemarau yang berlaku pada bulan Ogos 2004. Musim kemarau ini akan meningkatkan masa penahanan air tasik dan tiada pengaliran keluar air berlaku daripada tasik disebabkan aras air di Sungai Chini yang lebih rendah daripada ketinggian baraj yang dibina. Banyak kajian yang dijalankan menunjukkan nutrien pengehad bagi proses

eutrofikasi selalunya adalah fosforus. Walau bagaimanapun terdapat juga keadaan dengan nitrogen atau kombinasi nitrogen dan fosforus bertindak sebagai nutrien pengehad seperti yang terdapat pada tasik yang sangat rendah nutriennya atau yang berasid (OECD 1982). Hasil kajian ini menunjukkan langkah-langkah kawalan perlu dilakukan bagi mengurangkan kepekatan fosfat dalam air Tasik Chini seperti mengawal kemasukan sumber fosforus ke dalam tasik yang berpunca daripada aktiviti pertanian dan perlombongan terutama di stesen 9 (Laut Melai). Nutrien juga didapati berkebolehan untuk melarut resap untuk satu jangka masa yang lama selepas pemberhentian penggunaan baja disebabkan kebolehan tanah memegang nutrien tersebut. Kajian mendapati fosforus boleh dilepaskan daripada tanah dalam susulan masa selama 10 tahun (Vuorenmaa et al. 2002).

Peningkatan kepekatan klorofil-a pada bulan Ogos juga adalah seiring dengan peningkatan bacaan turbiditi (Jadual 1). Perkembangan alga akan menyebabkan air menjadi keruh (selalunya berwarna hijau) dengan peningkatan biojisim alga (terampai) berlaku dan meningkatkan bacaan turbiditi air. Ujian korelasi menunjukkan terdapat hubungan yang sangat bererti antara kepekatan klorofil-a dan turbiditi ( $r=0.723, p<0.001$ , Jadual 3). Peningkatan turbiditi ini juga akan mengurangkan bacaan kenampakan cakera 'secchi' seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Tasik Chini merupakan tasik yang cetek dengan kedalaman purata kurang daripada 3 meter. Faktor kedalaman tasik juga boleh

JADUAL 3. Pekali korelasi Pearson (*r*) antara parameter kualiti air dan jumlah hujan (*n*=45)

\* menunjukkan hubungan signifikan ( $P < 0.05$ ) \*\* menunjukkan hubungan signifikan ( $P < 0.01$ ) \*\*\* menunjukkan hubungan signifikan ( $P < 0.001$ )

mempengaruhi kesan eutrofikasi. Tasik yang dalam didapati bertindak dengan lebih cepat terhadap pengurangan nutrien berbanding tasik yang cetek dan ianya boleh mengambil masa berabad untuk pulih. Ini disebabkan kitaran nutrien daripada sedimen adalah lebih efektif berlaku pada tasik yang cetek berbanding tasik yang dalam (Hilton et al. 2006).

Bennion, H., Hilton, J., Hughes, M., Clark, J., Hornby, D., Fozzard, I., Phillips, G. & Reynolds, C. 2005. The use of GIS base inventory to provide a national assessment of standing waters at risk from eutrophication in Great Britain. *Sci. Total Environ.*, 344: 259-273.

Kesimpulannya kajian ini menunjukkan Tasik Chini berpotensi untuk menjadi tasik yang eutrofik apabila keadaan sesuai wujud terutama pada musim kemarau dengan isipadu air tasik menjadi kurang dan keadaan air yang statik. Kepekatan nutrien terutama fosfat perlu diberi perhatian dan ia biasanya merupakan nutrien penghad utama dalam proses eutrofikasi sesuatu tasik air. Pemantauan yang berterusan dan pengurusan tasik yang berkesan adalah perlu bagi memelihara Tasik Chini agar tidak tercemar dan sebagai peninggalan sejarah negara bagi generasi yang akan datang.

EPA, 1976. *Quality Criteria for Waters*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. 256p.

PENGHARGAAN

HACH, 2003. *The Handbook of DR/2500 Laboratory Spectrophotometer*. (HACH Company, USA)

Kajian ini telah dibiayai oleh projek IRPA 09-02-02-0114- EA276.

Hilton, J. & Irons, G.P. 1998. Determining the cost of “apparent eutrophication” effect. Environmental agency R&D technical report P203. 21p.

RUJUKAN

Ainon, H., Ratuah, M., Mimi, N.M. & Affendi, M.T. 2006. Water quality of Chini Lake from the bacteria aspect. *Paper presented at the Chini Lake Expedition 2004*, UKM, Bangi, Malaysia.  
 APHA, 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18<sup>th</sup> edition. American Public Health Association (APHA), Washington.

Hilton, J., O’Hare, M., Bowes, M.J. & Jones, J.I. 2006. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Sci. Total Environ.* 365: 66-83.

Ikusima, I., Lim, R.P. & Furtado, J.I. 1982. Environmental conditions. Dalam Furtado, J.I & Mori, S.(pnyt).

*Tasek Bera: The Ecology of a Freshwater Swamp*. The Hague: Dr W Junk Publishers.

IAS (Jabatan Alam Sekitar, Malaysia) 2002. *Malaysia Environmental Quality Report 2001*. Department of Environment, Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia.

Le Gren, E. D. & Lowe-McConnell, R. H. 1980. *The Functioning of Freshwater Ecosystem*. Cambridge University Press.

Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kutty 2005. Trends of physico-chemical water quality Tasik Chini. Dalam Mushrifah Idris, Khatijah Hussin & Abdul Latiff Mohammad (pnyt). *Khazanah Tasik Chini*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia: 20-29.

OECD. 1982. Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control. OECD, Paris, 154 pp.

Pretty, J.N., Mason, C.F., Nedwell, D.B., Hine, R.E., Leaf, S. & Dils, R. 2003. Environmental cost of freshwater

- eutrophication in England and Wales. *Environ.Sci. Tech.* 32: 201-208.
- Shuhaimi-Othman, M., Lim Eng Chong, Mushrifah Idris & Shaharudin Idrus 2005. Kualiti air dan logam berat di Tasik Chini, Pahang. *Prosiding Seminar IRPA RMK-8, Kategori EAR*; Jilid II: 216-220.
- Tong, S.L. & Goh, S.H. 1997. Water quality criteria and standard development and river classification in Malaysia. *J. Ensearch* 10: 15-26.
- Tusseau-Vuilleman, M.H. 2001. Do food processing industries contribute to the eutrophication of aquatic systems? *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 50: 143-152.
- Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepisto, A., Kenttamies, K. & Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environ. Monit. Assess.* 76: 213-248.

Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor  
MALAYSIA

