

Kepekatan Logam di Tasik Bukit Merah, Perak (Metal Concentrations in Bukit Merah Lake, Perak)

M. SHUHAIMI-OTHMAN*, A.K. AHMAD & G. NORZIANA

ABSTRAK

Kajian kepekatan logam dalam air di Tasik Bukit Merah telah dijalankan pada April 2009. Lima belas stesen persampelan telah dipilih dan sampel air permukaan bagi penentuan logam telah diambil. Beberapa parameter kualiti air seperti suhu, konduktiviti, oksigen terlarut, pH dan keliatan air telah ditentukan di setiap stesen. Sebanyak 11 jenis logam iaitu kadmium, zink, plumbum, kuprum, nikel, ferum, kobalt, aluminium, barium, kromium dan mangan (Mn) telah ditentukan dalam sampel air. Keputusan menunjukkan kepekatan semua logam kajian berada di bawah kepekatan maksimum yang dicadangkan oleh piawaian Malaysia dan antarabangsa bagi melindungi hidupan akuatik kecuali bagi logam Fe dan Al. Bagi parameter kualiti air, kajian menunjukkan semua parameter berada dalam julat kepekatan semula jadi (kelas I) berdasarkan Piawaian Kualiti Air Kebangsaan (NWQS Malaysia) kecuali oksigen terlarut dan pH di beberapa stesen persampelan terutama di bahagian timur tasik yang didapati dipengaruhi oleh faktor-faktor semula jadi dan antropogenik.

Kata kunci: Air tawar; kualiti air; logam; Malaysia; tasik

ABSTRACT

Study on metal concentrations in water of Bukit Merah Lake was conducted in April 2009. Fifteen sampling stations were chosen and surface water samples for metals determination were collected. Some water quality parameters such as temperature, conductivity, dissolved oxygen, pH, and water hardness were determined at each station. Eleven metals i.e. cadmium, zinc, lead, copper, nickel, iron, cobalt, aluminium, barium, chromium and manganese were determined in water samples. Results show that in general metals concentration were lower than maximum concentrations allowed by Malaysian and international standards in protecting aquatic life except for Fe and Al. For water quality parameters, study showed that all parameters are in natural concentration range (class I) according to National Water Quality Standard (NWQS Malaysia) except for dissolved oxygen and pH at some sampling stations especially at east side of the lake which were influenced by natural and anthropogenic factors.

Keywords: Freshwater; lake; metal; Malaysia; water quality

PENGENALAN

Logam telah digunakan dalam pelbagai aktiviti manusia sejak beribu tahun dahulu dan masalah berkaitan pencemaran logam terutama dalam persekitaran akuatik telah lama dibincangkan. Malaysia sebagai sebuah negara membangun tidak dapat lari daripada masalah ini. Kehadiran logam di persekitaran boleh berlaku secara semula jadi atau antropogenik. Punca-punca semula jadi adalah seperti hasil luluhawa dan kesan tindakan cuaca (angin atau suhu) ke atas batuan igneus dan metamorfik. Manakala, proses pembakaran bahan api fosil, perlombongan dan peleburan galian, buangan industri, penggunaan baja dan pestisid dalam pertanian merupakan penyumbang utama sumber antropogenik (Kendrick et al. 1992). Dalam konteks pencemaran persekitaran, kehadiran logam boleh dibahagikan kepada 3 jenis utama iaitu logam tidak kritikal, logam toksik yang tidak larut dan jarang hadir dan logam toksik dan banyak digunakan (Forstner & Wittmann 1981). Tidak seperti pencemar organik yang boleh hilang kesan ketoksikannya

akibat proses biodegradasi, logam tidak terdegradasi dan kesan ketoksikannya boleh kekal lama di persekitaran (Clark 1992). Seseengah logam terutama logam berat seperti merkuri dan kadmium diketahui memberi kesan toksik walaupun pada kepekatan yang rendah (Forstner & Wittman 1981).

Kawasan kajian ini di Tasik Bukit Merah, Taiping, Perak merupakan kawasan yang popular dengan aktiviti pelancongan terutama di bahagian tenggara tasik tersebut di mana terdapat Bukit Merah 'Lake Town Resort', manakala, di bahagian utara tasik terdapat lintasan landasan Keretapi Tanah Melayu (KTM). Tasik ini telah diempang bagi tujuan pengairan tanaman bagi kawasan sekitarnya seperti Bagan Serai dan Semanggol. Tasik Bukit Merah juga telah lama terkenal kerana merupakan kawasan semula jadi di mana terdapat ikan kelisa/arwana jenis emas (*Scleropages formosus*) yang telah disenaraikan sebagai salah satu haiwan yang dilindungi. Oleh itu adalah penting kajian dijalankan di kawasan tersebut bagi melihat status kualiti air seperti kepekatan logam bagi tujuan pengurusan dan

pemeliharaan tasik tersebut. Objektif kajian ini adalah untuk melihat status kepekatan logam dan beberapa parameter kualiti air di Tasik Bukit Merah.

BAHAN DAN KAEDAH

Tasik Bukit Merah merupakan tasik air tawar buatan manusia seluas 7000 ekar yang terletak di utara Semenanjung Malaysia di daerah Taiping, Perak. Empangan Bukit Merah ialah benteng timbunan tanah homogen terubah suai yang terletak di hulu pertemuan Sungai Kurau dengan Sungai Merah. Ia telah mula dibina pada tahun 1902 dan siap pada tahun 1906 bagi tujuan pengairan kawasan sekitarnya terutama kawasan padi projek Krian-Sungai Manik. Dua terusan pengairan yang utama adalah Terusan Besar dan Selinsing. Di samping itu, air empangan ini turut digunakan bagi kegunaan domestik dan industri di kawasan Krian, serta sumber pendapatan untuk nelayan tempatan. Empangan ini telah tiga kali ditingkatkan ketinggian bentengnya daripada 8.08 m (tahun 1906) kepada 10.67 m (tahun 1965) dan akhir sekali kepada 11.28 m (tahun 1984). Keluasan kawasan tadahan empangan ini adalah 480 km² (JPS 2008). Terdapat beberapa pintu air keluar dari tasik tersebut iaitu di bahagian barat tasik seperti di stesen 1, 3 dan 4 (Rajah 1). Pintu air di stesen 3 adalah yang paling besar yang mana air mengalir keluar ke Sungai Kerian. Di bahagian timur tasik pula merupakan kawasan paya gambut terutama di kawasan stesen 7 dan 8 dengan air di kawasan ini berwarna sedikit kehitaman yang merupakan ciri air tanah gambut (*black water*). Terdapat beberapa sungai utama yang mengalir masuk ke dalam Tasik Bukit Merah seperti Sungai Kurau dan Sungai Merah.

Lima belas stesen pensampelan telah dipilih di Tasik Bukit Merah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Stesen persampelan dalam kajian ini hanya terhad di bahagian timur, barat dan selatan tasik, manakala bahagian utara tasik tidak dapat di lalui menggunakan bot kerana dipisahkan oleh landasan keretapi KTMB (Rajah 1). Persampelan telah dijalankan pada bulan 30hb April 2009 dan di setiap stesen, sampel air permukaan (3 replikasi) bagi penentuan logam telah diambil menggunakan botol polietelina (60 mL) dan disimpan dalam keadaan gelap dan sejuk (4°C). Setiba di makmal, sampel diawet dengan asid nitrik (70%) kepada pH <2 dan disimpan dalam peti sejuk (4°C) sehingga dianalisis. Parameter kualiti air turut dicatatkan di setiap stesen persampelan iaitu suhu, pH, oksigen terlarut dan konduktiviti menggunakan meter Hydrolab Data Sonde 4[®] yang telah ditentukan terlebih dahulu di makmal. Kepekatan logam dalam sampel air ditentukan dengan menggunakan alat Spektroskopi Plasma Gandingan Aruhan – Spektrometer Jisim (ICP-MS) model Perkin Elmer Elan900. Sebanyak sebelas logam telah ditentukan dalam sampel air iaitu kadmium, zink, plumbum, kuprum, nikel, ferum, kobalt, aluminium, barium, kromium (Cr, total) dan mangan. Bagi keliatan air (Ca²⁺ dan Mg²⁺), kepekatan logam Ca dan Mg ditentukan dengan alat ICP-MS dan kaedah pengiraan digunakan bagi menentukan keliatan air (APHA 1992). Sebagai langkah

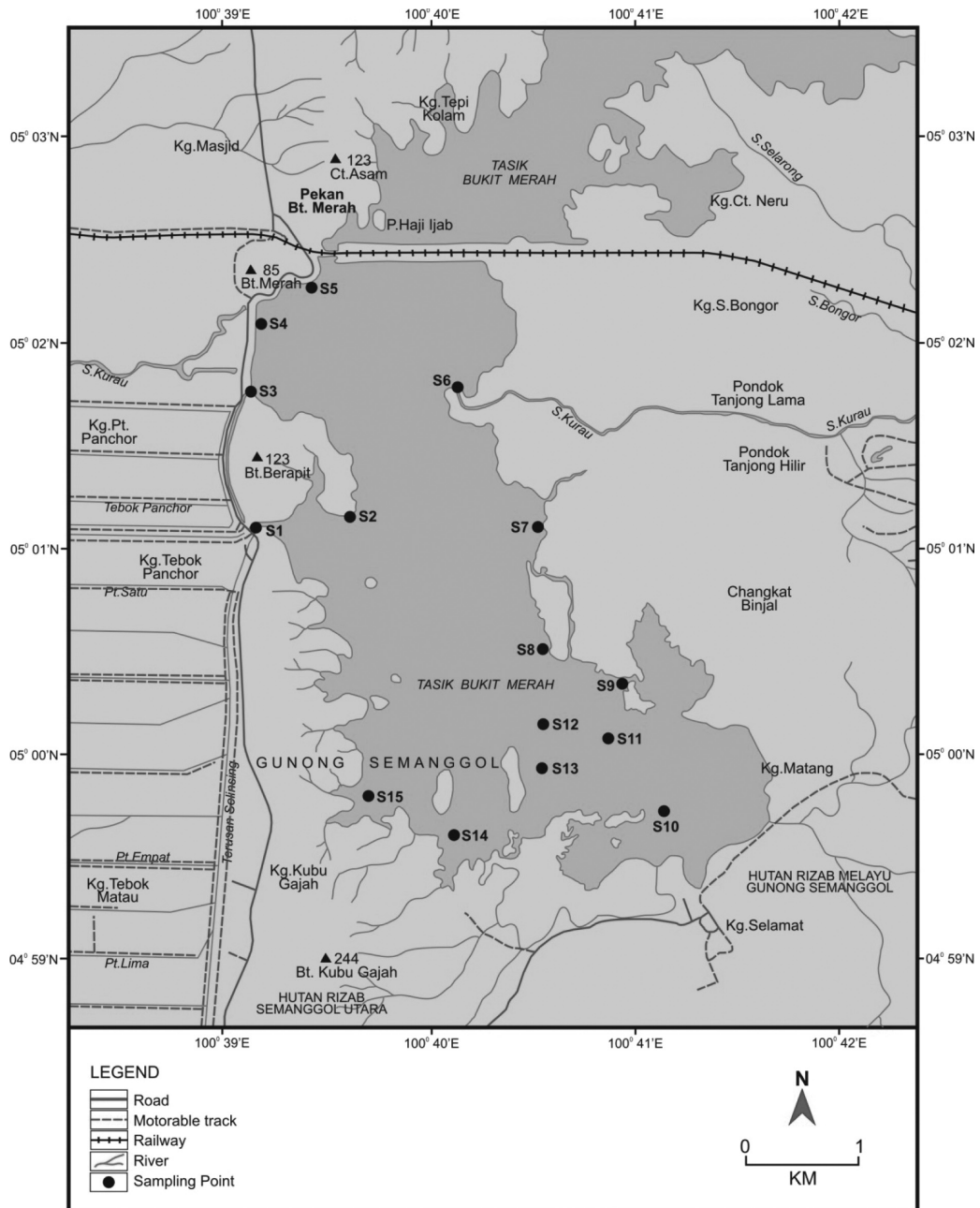
kawalan menghindarkan kontaminasi, semua peralatan kaca dan botol di cuci dengan asid nitrik (20%). Prosedur blank dan kawalan kualiti menggunakan larutan piawai logam di analisis bagi setiap 10 sampel bagi mengesan ketepatan sampel. Peratus ketepatan analisis sampel piawai adalah 85-105%.

Analisis statistik yang digunakan bagi membanding kepekatan logam dan parameter kualiti air di antara stesen pensampelan adalah ANOVA satu hala dan ujian multi-perbandingan Tukey-Kramer menggunakan perisian Minitab (versi 13). Data diuji kenormalan (ujian Shapiro-Wilk) dan kehomogenan (ujian Barlett's), dan bagi memenuhi keperluan ini, data diubah dengan menggunakan transformasi log₁₀ atau punca kuasa dua. Bagi data tak-berparameter, ujian Kruskal-Wallis dan median Mood's digunakan (Fry 1994). Analisis korelasi (Pearson) digunakan bagi melihat perhubungan serta pengaruh antara parameter kualiti air dan logam dalam air.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kepekatan logam dalam air di 15 stesen persampelan ditunjukkan dalam Jadual 1. Kajian ini menunjukkan nilai purata (julat minimum-maksimum) kepekatan logam Al dalam air permukaan di Tasik Bukit Merah adalah 349.40 µg/L (95.09-2463.33), Cr 1.02 µg/L (0.46 - 4.75), Mn 50.68 µg/L (31.88 - 72.30), Fe 1501.83 µg/L (1123.09 - 1857.98), Co 0.19 µg/L (0.11 - 0.65), Ni 0.26 µg/L (0.0 - 1.17), Cu 0.30 µg/L (0.08 - 0.90), Zn 2.22 µg/L (1.37 - 4.44), Cd 0.01 µg/L (0.0 - 0.08), Ba 10.03 µg/L (7.42 - 23.55) dan Pb 0.22 µg/L (0.11-0.99). Secara amnya kepekatan logam dalam air tasik didapati dalam turutan menurun, Fe > Al > Mn > Ba > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Co > Cd. Analisis statistik (ANOVA dan Kruskal-Wallis) menunjukkan terdapat perbezaan yang bererti (p<0.05) di antara stesen persampelan bagi logam Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd, Ba dan Pb di dalam air.

Kepekatan logam dalam air hasil kajian ini dibandingkan dengan nilai yang dicadangkan oleh Garis Panduan Kualiti Air, Canada (CCME 1999), Agensi Perlindungan Alam Sekitar, Amerika (EPA 2004) iaitu bagi nilai kepekatan maksimum (CMC) dan kepekatan berterusan (CCC) yang dibenarkan bagi air permukaan tanpa menyebabkan kesan signifikan kepada hidupan akuatik dan piawaian kualiti air kebangsaan (NWQS) Malaysia (JAS 2008) seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Keputusan menunjukkan bagi logam Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Ba dan Cr, kepekatan di semua stesen adalah lebih rendah berbanding piawai yang ditetapkan. Kepekatan Cd tidak melebihi kepekatan berterusan yang dicadangkan oleh EPA (CCC 0.25 µg/L) dan kepekatan yang disyorkan oleh CCME (0.017 µg/L). Kepekatan Zn di bawah limit kepekatan yang dicadangkan oleh CCME (30 µg/L). Kepekatan Pb kurang daripada kepekatan berterusan yang dicadangkan oleh EPA (CCC 2.5 µg/L) dan CCME (1-7 µg/L). Bagi logam Cu, kepekatan adalah lebih rendah daripada kepekatan berterusan yang dicadangkan oleh EPA (CCC 9 µg/L) dan kepekatan yang dicadangkan oleh CCME (2-4 µg/L). Kepekatan Ni di



RAJAH 1. Limabelas stesen pensampelan di Tasik Bukit Merah, Perak

bawah kepekatan berterusan yang dicadangkan oleh EPA (CCC 52 $\mu\text{g/L}$). Begitu juga dengan logam Co, di mana ianya dalam julat kepekatan semula jadi di semua stesen persampelan. Manakala bagi logam Ba dan Cr, kepekatan di semua stesen masing-masing di bawah limit NWQS (1000 $\mu\text{gCr/L}$) dan EPA (CCC 74 $\mu\text{gCr/L}$). Walau bagaimanapun, bagi logam Fe, kepekatan di semua stesen adalah melebihi kepekatan berterusan yang dicadangkan oleh EPA (CCC 1000 $\mu\text{g/L}$), NWQS (1000 $\mu\text{g/L}$) serta panduan CCME (300 $\mu\text{g/L}$). Manakala, analisis statistik (Kruskal-Wallis) menunjukkan tiada perbezaan yang bererti ($p>0.05$) bagi Fe di antara stesen persampelan. Bagi logam Al, semua stesen menunjukkan kepekatan yang melebihi had yang dicadangkan oleh CCME (100 $\mu\text{g/L}$) tetapi masih di bawah

limit kepekatan maksimum yang dibenarkan EPA (CMC 750 $\mu\text{g/L}$) kecuali di stesen 3 dan 6. Analisis statistik (Kruskal-Wallis) menunjukkan tiada perbezaan bererti ($p>0.05$) bagi Al di antara stesen persampelan. Bagi logam Mn hanya NWQS sahaja yang memberikan garis panduan kepekatan iaitu 100 $\mu\text{g/L}$ bagi kelas II dan semua stesen menunjukkan kepekatan di bawah garis panduan tersebut (31.88 - 72.30 $\mu\text{g/L}$).

Berdasarkan garis panduan ini, kepekatan logam kajian di semua stesen adalah rendah dan berada di dalam julat kepekatan semula jadi kecuali bagi logam Fe dan Al. Kepekatan logam Fe dan Al yang tinggi juga dicatatkan oleh Shuhaimi-Othman et al. (2008) bagi kajian di Tasik Chini, Pahang dan kepekatan purata sepanjang persampelan

JADUAL 1.1. Kepekatan logam (purata dengan sisihan piawai (SP)) dalam air di 15 stesen persampelan di Tasik Bukit Merah

Stesen	Al (µg/L)	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Cd (µg/L)	Ba (µg/L)	Pb (µg/L)
1	Purata (SP) 232.14 (65.96)	1.05 (0.33)	39.48 (0.43)	1293.76 (32.12)	0.21 (0.01)	0.11 (0.01)	0.64 (0.20)	2.48 (1.07)	0.056 (0.036)	9.26 (0.03)	0.24 (0.04)
2	Purata (SP) 200.51 (47.52)	0.81 (0.05)	39.80 (1.72)	1310.97 (71.64)	0.17 (0.004)	0.45 (0.04)	0.34 (0.02)	1.66 (0.41)	0.012 (0.011)	9.08 (0.48)	0.19 (0.01)
3	Purata (SP) 2217.08 (348.25)	2.83 (2.72)	33.12 (1.75)	1472.78 (475.64)	0.33 (0.18)	0.83 (0.48)	0.51 (0.27)	2.72 (0.75)	0.08 (0.008)	11.56 (1.75)	0.40 (0.22)
4	Purata (SP) 278.76 (51.40)	1.15 (0.02)	33.06 (0.13)	1127.71 (6.54)	0.19 (0.01)	0.42 (0.01)	0.39 (0.06)	2.25 (0.08)	0.004 (0.001)	10.48 (0.08)	0.25 (0.002)
5	Purata (SP) 156.32 (4.36)	0.80 (0.12)	38.60 (0.83)	1371.71 (35.42)	0.18 (0.01)	0.78 (0.18)	0.28 (0.09)	2.12 (0.31)	0.001 (0.001)	8.68 (0.12)	0.17 (0.004)
6	Purata (SP) 953.30 (93.16)	3.12 (0.38)	55.55 (1.23)	1650.42 (18.78)	0.63 (0.02)	0.67 (0.16)	0.83 (0.10)	4.19 (0.35)	0.016 (0.007)	22.35 (1.69)	0.94 (0.08)
7	Purata (SP) 204.16 (95.99)	0.72 (0.24)	48.96 (1.04)	1461.50 (27.56)	0.16 (0.01)	0.41 (0.17)	0.25 (0.003)	2.01 (0.13)	TD (-)	9.51 (0.10)	0.16 (0.01)
8	Purata (SP) 195.21 (127.88)	0.70 (0.13)	59.52 (0.09)	1624.67 (51.52)	0.12 (0.01)	0.18 (0.03)	0.17 (0.07)	1.88 (0.27)	0.007 (0.001)	9.29 (0.41)	0.13 (0.01)
9	Purata (SP) 121.69 (35.77)	0.60 (0.15)	65.00 (0.49)	1577.06 (5.94)	0.15 (0.01)	TD (-)	0.14 (0.05)	2.04 (0.01)	0.010 (0.005)	7.91 (0.08)	0.12 (0.004)
10	Purata (SP) 102.07 (9.87)	0.67 (0.01)	71.75 (0.78)	1848.99 (12.71)	0.12 (0.004)	TD (-)	0.14 (0.02)	1.94 (0.17)	0.001 (0.001)	7.97 (0.09)	0.10 (0.001)
11	Purata (SP) 145.33 (53.38)	0.58 (0.06)	52.14 (0.16)	1517.95 (34.89)	0.12 (0.01)	TD (-)	0.12 (0.06)	1.67 (0.28)	0.002 (0.002)	7.52 (0.14)	0.12 (0.01)
12	Purata (SP) 110.50 (0.15)	0.53 (0.10)	60.66 (2.04)	1610.20 (24.52)	0.13 (0.02)	TD (-)	0.13 (0.01)	1.62 (0.12)	0.009 (0.003)	8.22 (0.01)	0.12 (0.01)
13	Purata (SP) 105.30 (7.07)	0.57 (0.03)	55.88 (1.77)	1635.78 (63.36)	0.12 (0.01)	TD (-)	0.22 (0.02)	3.18 (1.39)	0.003 (0.001)	9.79 (0.12)	0.12 (0.003)
14	Purata (SP) 103.17 (0.61)	0.56 (0.02)	57.53 (1.36)	1543.42 (0.34)	0.11 (0.004)	TD (-)	0.15 (0.04)	1.83 (0.03)	0.001 (0.001)	9.79 (0.13)	0.11 (0.001)
15	Purata (SP) 115.51 (11.64)	0.56 (0.08)	49.21 (0.29)	1480.46 (3.39)	0.11 (0.005)	TD (-)	0.17 (0.04)	1.65 (0.06)	0.004 (0.001)	9.08 (0.41)	0.13 (0.002)

TD – tidak dapat dikesan oleh ICP-MS

JADUAL 2. Kriteria logam berat dalam air tawar yang dicadangkan oleh CCME, EPA dan NWQS

Logam	CCME-Air Tawar (hidupan akuatik) µg/L	EPA-Kepekatan Maksimum (CMC) µg/L	EPA-Kepekatan Berterusan (CCC) µg/L	NWQS Kelas II (µg/L)
Aluminium (Al)	5-100	750	87	-
Kadmium (Cd)	0.017	2.0	0.25	10
Plumbum (Pb)	1-7	65	2.5	50
Kuprum (Cu)	2-4	13	9.0	20
Nikel (Ni)	25-150	470	52	50
Kobalt (Co)	-	-	-	-
Zink (Zn)	30	120	120	5000
Ferum (Fe)	300	-	1000	1000
Mangan (Mn)	-	-	-	100
Kromium (Cr III)	8.9	570	74	2500a
Barium (Ba)	-	-	-	1000

Sumber: CCME 1999; NWQS (JAS 2008); EPA 2004

^a bagi Kelas III

selama setahun adalah 794.8 µg/L bagi Fe dan 194.5 µg/L bagi Al. Trend yang sama juga dilaporkan oleh Ikusima et al. (1982) bagi kajian di Tasik Bera, Pahang di mana purata kepekatan Fe yang dicatatkan adalah 640 µg/L, manakala bagi Al adalah 197 µg/L. Kajian yang dijalankan di Sungai Bebar, Pahang juga menunjukkan kepekatan Fe adalah tinggi dengan julat di antara 1270 sehingga 1638 µg/L (Shuhaimi-Othman et al. 2009). Keadaan ini mungkin disebabkan jenis tanah di Semenanjung Malaysia yang secara semula jadinya adalah daripada jenis laterit. Tanah jenis ini diketahui kaya dengan logam Fe dan Al (Aleva 1994). Laporan Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS 2008) bagi kualiti air bawah tanah yang disampel di 335 kawasan di Malaysia, menunjukkan logam ferum, mangan dan arsenik adalah antara logam yang selalu mencatatkan bacaan melebihi piawaian yang telah ditetapkan, manakala bagi kualiti air sungai, kebanyakan logam yang dianalisis menunjukkan ia nya mematuhi sekurang-kurangnya kelas III NWQS kecuali bagi logam ferum.

Parameter kualiti air yang dicatatkan di setiap stesen persampelan ditunjukkan dalam Jadual 3. Kajian ini menunjukkan nilai purata (julat minimum-maksimum) di 15 stesen persampelan bagi parameter suhu adalah 29.57°C (26.16-30.57), konduktiviti 18.72 µS/cm (17.7-22.2), TDS 12.11 mg/L (11.0-14.0), DO 5.95 mg/L (4.53-6.44), pH 6.34 (5.92-6.67) dan keliatan air 5.04 mg/L CaCO₃ (4.55-6.51). Keputusan menunjukkan terdapat perbezaan yang bererti di antara stesen persampelan bagi semua parameter kajian (ANOVA, $p < 0.001$ dan Kruskal-Wallis, $p < 0.001$). Perbandingan dengan nilai NWQS menunjukkan julat suhu, TDS dan konduktiviti di semua stesen berada dalam kelas I (semula jadi). Suhu di semua stesen persampelan adalah seragam kecuali di stesen 6 yang menunjukkan suhu yang paling rendah dengan purata 26.22°C. Analisis statistik (ujian median Mood's) juga menunjukkan stesen 6 berbeza dengan bererti ($p < 0.001$) berbanding stesen-stesen persampelan yang lain. Ini mungkin disebabkan pengaruh kemasukan air daripada Sungai Kurau yang berdekatan dengan stesen persampelan tersebut (Rajah 1). Bagi parameter oksigen terlarut, semua stesen

berada dalam kelas II (5-7 mg/L) kecuali stesen 10 yang berada dalam kelas III (3-5 mg/L). Analisis statistik juga menunjukkan stesen 10 berbeza dengan bererti ($p < 0.001$) berbanding stesen-stesen persampelan yang lain (ujian median Mood's). Bagi parameter pH, kebanyakan stesen berada dalam kelas I (6.5-8.5) kecuali stesen 5-12 yang berada dalam kelas II (6-9). pH yang sedikit rendah di stesen-stesen persampelan di sebelah timur tasik ini mungkin disebabkan pengaruh air tanah gambut (*black water*) yang mengalir masuk ke kawasan ini. Air ini juga dipercayai mempunyai kandungan DO yang rendah dan turut mempengaruhi bacaan DO di stesen-stesen persampelan di sebelah timur tasik seperti stesen 6, 7, 8 dan 9. Kajian yang dijalankan di Sungai Bebar, Pahang di kawasan hutan paya gambut menunjukkan air sungai tersebut (*black water*) mempunyai kepekatan DO yang sangat rendah (0.5-2.7 mg/L) dan pH 4-5 (Shuhaimi-Othman et al. 2009). Stesen 10 mencatatkan bacaan pH dan DO yang paling rendah berbanding stesen-stesen yang lain (Jadual 3). Stesen ini terletak di kawasan yang cetek serta terdapat kemasukan air daripada Sungai Ulu Sepetang. Air di stesen 6 juga didapati sedikit keruh disebabkan semasa persampelan dijalankan, terdapat proses pengorekan pasir di kawasan tersebut. Keliatan air Tasik Bukit Merah didapati sangat rendah (5.04 mg/L) dan tergolong dalam air jenis lembut (<75 mg/L). Banyak kajian yang telah dijalankan menunjukkan keliatan air yang rendah boleh meningkatkan ketoksikan logam terhadap organisma (Deleebeek et al. 2007; Park et al. 2009) dan ini menjadikan flora dan fauna di tasik ini sangat sensitif terhadap pencemaran logam.

Kualiti air diketahui mempengaruhi penumpukan, ketersediaan dan ketoksikan logam terhadap organisma. Bagi melihat pengaruh antara parameter-parameter kualiti air dan kesan terhadap kepekatan logam dalam air, analisis korelasi telah dijalankan dan hasilnya ditunjukkan dalam Jadual 4. Keputusan menunjukkan bagi parameter kualiti air seperti suhu berkorelasi positif dengan konduktiviti, TDS berkorelasi positif dengan keliatan air dan suhu manakala pH berkorelasi

JADUAL 3. Parameter fiziko-kimia air (purata dengan sisihan piawai (SP)) di 15 stesen persampelan di Tasik Bukit Merah

Stesen		Suhu (°C)	Konduktiviti (µS/cm)	TDS (mg/L)	DO (%)	DO (mg/L)	pH	Keliatan Air (mg/L)
1	Purata	29.49	18.83	12.00	83.43	6.36	6.65	5.26
	(SP)	(0.01)	(0.06)	(0.01)	(0.84)	(0.07)	(0.02)	(0.02)
2	Purata	29.45	18.80	12.00	81.70	6.23	6.51	5.25
	(SP)	(0.01)	(0.00)	(0.01)	(0.26)	(0.02)	(0.01)	(0.10)
3	Purata	29.05	19.47	12.67	81.30	6.25	6.49	5.53
	(SP)	(0.02)	(0.06)	(0.58)	(0.62)	(0.05)	(0.02)	(0.21)
4	Purata	29.04	19.47	12.67	83.17	6.39	6.49	5.39
	(SP)	(0.01)	(0.06)	(0.58)	(0.21)	(0.02)	(0.01)	(0.04)
5	Purata	29.05	18.17	11.67	75.47	5.80	6.25	4.58
	(SP)	(0.01)	(0.38)	(0.58)	(0.55)	(0.04)	(0.02)	(0.04)
6	Purata	26.22	22.20	14.00	70.03	5.66	6.25	6.33
	(SP)	(0.05)	(0.00)	(0.02)	(0.06)	(0.01)	(0.02)	(0.24)
7	Purata	29.26	18.93	12.00	71.87	5.50	6.09	5.05
	(SP)	(0.03)	(0.06)	(0.01)	(1.56)	(0.12)	(0.04)	(0.03)
8	Purata	30.00	18.20	12.00	78.17	5.91	6.32	4.81
	(SP)	(0.01)	(0.00)	(0.03)	(0.35)	(0.03)	(0.01)	(0.05)
9	Purata	29.74	18.40	12.00	73.20	5.56	6.01	4.82
	(SP)	(0.01)	(0.10)	(0.02)	(2.35)	(0.18)	(0.06)	(0.03)
10	Purata	30.56	17.90	11.67	60.43	4.52	5.92	4.75
	(SP)	(0.01)	(0.17)	(0.58)	(0.21)	(0.02)	(0.00)	(0.06)
11	Purata	30.16	18.27	12.00	81.27	6.12	6.25	4.78
	(SP)	(0.00)	(0.06)	(0.01)	(0.25)	(0.02)	(0.01)	(0.01)
12	Purata	30.28	18.10	12.00	80.27	6.04	6.35	4.78
	(SP)	(0.01)	(0.00)	(0.02)	(0.15)	(0.02)	(0.02)	(0.01)
13	Purata	30.28	18.17	12.00	83.00	6.25	6.48	4.84
	(SP)	(0.02)	(0.06)	(0.01)	(0.17)	(0.01)	(0.01)	(0.02)
14	Purata	30.69	17.83	11.00	84.50	6.31	6.48	4.69
	(SP)	(0.02)	(0.12)	(0.01)	(0.20)	(0.01)	(0.01)	(0.07)
15	Purata	30.22	18.13	12.00	85.37	6.43	6.53	4.78
	(SP)	(0.01)	(0.06)	(0.02)	(0.29)	(0.02)	(0.01)	(0.05)

JADUAL 4. Nilai keofisien korelasi linear (r) antara parameter kualiti air dan kepekatan logam dalam air

	Suhu	Konduktiviti	TDS	DO	pH	Keliatan
Konduktiviti	-0.941***					
TDS	-0.804***	0.883***				
DO	0.051	0.002	0.037			
pH	0.019	0.053	0.052	0.893***		
Keliatan	-0.869***	0.958***	0.836***	0.067	0.185	
Al	-0.474**	0.527**	0.444*	0.099	0.175	0.593**
Cr	-0.689***	0.729***	0.721***	-0.004	0.099	0.787***
Mn	0.320	-0.241	-0.160	-0.603***	-0.635***	-0.330
Fe	0.154	-0.089	0.063	-0.572**	-0.521**	-0.105
Co	-0.910***	0.923***	0.832***	-0.073	0.020	0.902***
Ni	-0.691***	0.546**	0.484**	0.024	0.077	0.556**
Cu	-0.803***	0.816***	0.696***	0.122	0.315	0.877***
Zn	-0.663***	0.696***	0.631***	-0.038	0.073	0.674***
Cd	-0.198	0.236	0.207	0.194	0.385*	0.302
Ba	-0.877***	0.918***	0.797***	-0.038	0.050	0.876***
Pb	-0.915***	0.944***	0.839***	-0.045	0.050	0.920***

* korelasi bererti pada $p < 0.05$;** korelasi bererti pada $p < 0.01$ *** korelasi bererti pada $p < 0.001$;

DO-oksigen terlarut; TDS-jumlah pepejal terlarut

positif dengan DO. Bagi logam, parameter kualiti air seperti konduktiviti, TDS, suhu dan keliatan air didapati mempengaruhi kepekatan beberapa logam seperti Co, Cu, Ba, Pb dan Zn dalam air. Kajian-kajian lepas telah menunjukkan kualiti air seperti kealkalian, pH, keliatan air dan karbon organik boleh mempengaruhi ketersediaan, ketoksikan dan biopenumpukan logam dalam ekosistem akuatik (Bradley & Morris 1986; Iivonen et al. 1992; Rogevich et al. 2008; Stephenson & Mackie 1988). Oleh itu adalah penting untuk mengekalkan kualiti air yang baik bagi meminimumkan kesan ketoksikan logam terhadap ekosistem tasik ini.

KESIMPULAN

Kajian ini mendapati secara amnya kepekatan logam dalam air di Tasik Bukit Merah masih rendah dan berada dalam julat kepekatan semula jadi kecuali bagi logam Fe dan Al. Bagi parameter kualiti air didapati terdapatnya pengaruh air paya gambut terutama di kawasan sebelah timur tasik yang mempengaruhi parameter kualiti air terutama pH dan DO. Stesen 6 didapati tercemar dengan pepejal terampai di mana terdapat kerja-kerja pengorekan pasir di kawasan berhampiran.

PENGHARGAAN

Kajian ini telah dibiayai oleh MOSTI di bawah projek Sciencefund 06-01-02-SF0472.

RUJUKAN

- Aleva, G.J.J. 1994. *Laterites. Concepts, Geology, Morphology and Chemistry*. Wageningen, The Netherlands: ISRIC, pp. 169.
- APHA 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th edition. Washington: American Public Health Association (APHA).
- Bradley, R.W. & Morris, J.R. 1986. Heavy metals in fish from a series of metal- contaminated lakes near Sudbury, Ontario. *Water Air Soil Pollution* 27: 341-354.
- CCME 1999. *Canadian environmental quality guidelines*. Canadian Council of Ministers of the Environment', Winnipeg, pp. 61.
- Clark, R.B. 1992. *Marine Pollution*. Oxford, UK: Claderon Press.
- Deleebeek, N.M.E., Muysen, B.T.A., De Laender, F., Janssen, C.R. & De Schampelaere, K.A.C. 2007. Comparison of nickel toxicity to cladocerans in soft versus hard surface waters. *Aquatic Toxicology* 84: 223-235.
- EPA (Environmental Protection Agency, United State) 2004. *National Recommended Water Quality Criteria*. Washington, DC: Office of Science and Technology.
- Forstner, U. & Wittman, G.T.W. 1981. *Metal pollution in the aquatic environment*. New York: Springer-Verlag.
- Fry, J.C. 1994. *Biological data analysis: a practical approach*. Oxford UK: Oxford University Press, 418p.
- Iivonen, P., Piepponen, S. & Verta, M. 1992. Factors affecting trace-metal bioaccumulation in Finnish headwater lakes. *Environmental Pollution* 78: 87-95.
- Ikusima, I., R.P. Lim & Furtado, J.I. 1982. Environmental conditions. In *Tasek Bera: The ecology of a freshwater swamp*, edited by : Furtado, J.I. & S. Mori. The Hague: Junk Publishers, pp 55-148.
- JAS, Jabatan Alam Sekitar, Malaysia 2008. Laporan tahunan Jabatan Alam Sekitar, Malaysia. Jabatan Alam Sekitar, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar, Malaysia, pp. 90.
- JPS, Jabatan Parit dan Saliran 2008. Laman Web Rasmi, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar, Malaysia. <http://www.water.gov.my/> [12 November 2009].
- Kendrick, M.J., May, M.T., Plishka, M.J. & Robinson, K.D. 1992. *Metals in Biological Systems*. Ellis Harwood Limited, pp. 183.
- Park, E.J., Jo, H.J. & Jung, J. 2009. Combined effects of pH, hardness and dissolved organic carbon on acute metal toxicity to *Daphnia magna*. *Journal of Industrial Engineering Chemistry* 15(1): 82-85.
- Rogevich, E.C., Hoang, T.C. & G.M. Rand, G.M. 2008. The effects of water quality and age on the acute toxicity of copper to the Florida Apple Snail, *Pomacea paludosa*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54(4): 690-696.
- Shuhaimi-Othman, M., Ahmad, A.K. & Lim, E.C. 2009. Metals Concentration in Water and Sediment of Bebar Peat Swampy Forest River, Malaysia. *Journal of Biological Sciences* 9(7): 730-737.
- Shuhaimi-Othman, M., Mushrifah, I, Lim, E.C. & Ahmad, A. 2008. Trend in metals variation in Tasik Chini, Pahang, Peninsular Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment* 143: 345-354.
- Stephenson, M. & Mackie, G.L. 1988. Multivariate analysis of correlations between environmental parameters and cadmium concentrations in *Hyalella azteca* from central Ontario lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1705-1710.
- Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor
Malaysia
- *Pengarang untuk surat-menyurat; e-mail: shuhaimi@ukm.my
- Diserahkan: 23 November 2009
Diterima: 15 Mei 2010