

Kandungan Logam Berat dalam Sedimen Paya Bakau di Mersing, Johor

(Heavy Metal Content in Mangrove Sediment Mersing, Johore)

Ahmad Adnan, M., David, A., Sahibin, Wan Mohd Razi, I.,
Zulfahmi, A.R., Tukimat, L. & Muzzneena, A.M.

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

Pengenalan

Pada masa kini, kebanyakan ekosistem tanah bakau berdekatan dengan kawasan penempatan serta kawasan perindustrian dan terdedah kepada bahan buangan di mana ia mengandungi bahan pencemar seperti logam terbentuk dalam keadaan terlarut atau secara partikel (Preda 2002). Ekosistem di kawasan bakau di Mersing terdedah kepada pencemaran dari kawasan penempatan manusia serta aktiviti-aktiviti manusia yang dijalankan di sekitar kawasan bakau.

Menurut sumber mengenai pencemar organik, logam berat tidak boleh dihapuskan secara biologi mahupun secara kimia. Dengan keadaan logam berat yang tidak boleh dihapuskan secara biologi, ia dipindahkan atau terkumpul di dalam tisu-tisu tumbuhan melalui tanah dan ia mengakibatkan kesan negatif pada tumbuhan itu dalam jangka masa yang panjang. Dalam pada itu, dengan adanya ciri-ciri fizikal dan kimia di dalam tanah bakau, tanah bakau mempunyai kapasiti serta keupayaan untuk mengumpul bahan buangan dalam bentuk terlarut atau partikel yang terdapat di sekitarnya (Harbison 1986).

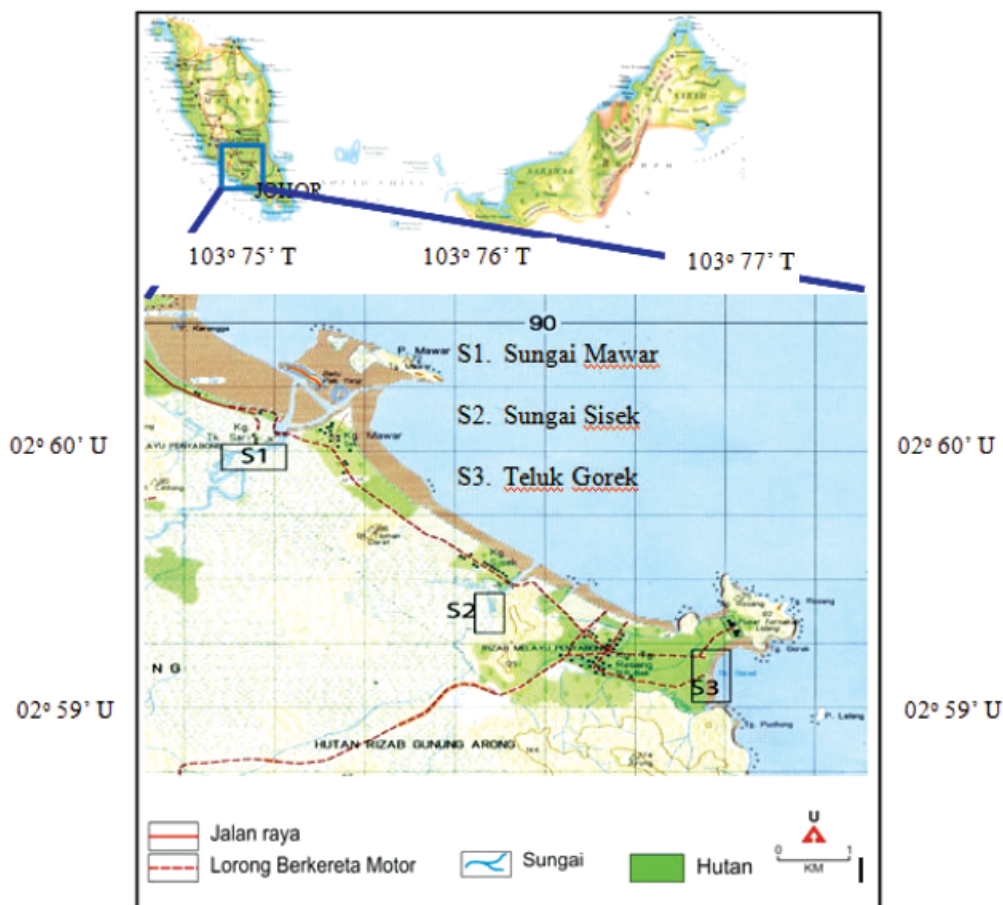
Di Malaysia, kajian tentang kawasan tanah bakau ini tidak banyak diterbitkan dan hanya sedikit informasi yang dapat diberi berkenaan dengan penekanan terhadap sedimentasi di hutan bakau. Dalam pada itu, kajian geokimia mengenai sedimen dari hutan bakau di Malaysia tidak mendapat begitu banyak penekanan terhadapnya dan hanya kajian yang terhad sahaja yang telah dilakukan selama ini (Kamaruzzaman et al. 1994). Hutan bakau adalah aspek yang penting dalam ekosistem dan sebagai kawasan sumber makanan manusia, dengan itu kajian untuk menentukan kandungan logam berat adalah penting.

Objektif kajian ini adalah untuk mengenal aras kepekatan enam logam berat yang dianggap sering terdapat pada tanah bakau iaitu ferum (Fe), plumbum (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), mangan (Mn) dan kuprum (Cu).

Bahan dan Kaedah

Kawasan Kajian

Kawasan kajian terletak di sekitar Sungai Mawar, Sungai Sisek dan Teluk Gorek. Berpandukan Rajah 1, Stesen 1 hingga 8 adalah dari Sungai Mawar (S1), Stesen 9 hingga 19 (S2) manakala Stesen 20 hingga 23 adalah dari Teluk Gorek (S3). Stesen 1 hingga 8 di Sungai Mawar adalah kawasan hutan bakau begitu juga pada Stesen 9 hingga 18 di Sungai Sisek. Tetapi pada Stesen 19 di Sungai Sisek, sampel tanah diambil pada tanah pertanian. Untuk Stesen 20 hingga 23 merupakan kawasan tanah bakau yang terletak di persisiran pantai.



RAJAH 1: Peta Kawasan Bakau Utama di Mersing dan Lokasi Stesen Persampelan Kajian

Stesen 1 hingga 8 terletak pada kedudukan 2°60'72.1" U ke 2°60'83.2" U dan dari 103°77'10.1" T ke 103°77'35.3" T. Kedudukan stesen 9 hingga 19 terletak pada kedudukan 2°58'49.3" U ke 2°58'59.2" U dan dari 103°74'56.4" T hingga ke 103°79'56" T. Stesen di Teluk Gorek iaitu Stesen 20 hingga 23 terletak pada 2°57'72" U ke 2°57'77" U dan dari 103° 81'98.1" T hingga ke 103° 82'05.01" T.

Metodologi Persampelan

Sampel Sedimen

Sebanyak 23 sampel sedimen bakau diambil daripada kawasan kajian. 18 sampel sedimen diambil pada tanah bakau, 4 sampel sedimen diambil pada tanah bakau yang terletak di kawasan pantai dan 1 sampel sedimen diambil di kawasan pertanian sebagai tanah kawalan. Sedimen untuk dianalisis diambil menggunakan skop dan dimasukkan ke dalam beg plastic dan dilabel untuk analisis makmal. Sampel sedimen untuk dianalisis dikeringkan pada suhu bilik, selepas itu dihancurkan menggunakan penumbuk agat sehingga mendapat saiz kurang daripada 2 mm. Untuk analisis logam berat pula, sampel sedimen itu dihancurkan sehingga mendapat saiz kurang daripada 63 µm.

Penentuan Kandungan Logam Berat dalam Sedimen

Penentuan Taburan Saiz Partikel. Sebanyak 20 g tanah dipindahkan ke dalam bikar 600ml. 50 ml hidrogen piroksid (H_2O_2 – 30 vol.) ditambahkan ke dalamnya dan dipanaskan ke atas 'Hot Plate' atau 'Sand Bath' dengan suhu 60 – 70°C sehingga bawah paras 100 ml. Apabila bikar itu sudah sejuk, sampel dipindahkan ke dalam kelalang kon dan 20 ml 5% natrium heksametafosfat dimasukkan sebelum digoncang selama 2 jam di atas 'reciprocating shaker' kemudian sampel yang telah digoncang dipindahkan ke silinder penyukat dan jadikan isi padu ke 1000 ml dengan menambahkan air. Sub-sampel yang bersaiz < 20 µm dan < 2 µm dikutip dari silinder penyukat 1000 ml dengan kaedah pipet. Baki sampel dari silinder penyukat dipindahkan ke dalam bikar 600 ml dan penuangan perlahan dilakukan berulang-kali sehingga jernih. Hasil penuangan dimasukkan ke dalam oven 105°C semalaman. Sampel kemudiannya di ayak mengikut dan ditimbang untuk mendapatkan nilai taburan saiz partikel.

Penentuan kandungan logam berat tersedia. Sebanyak 2 g tanah kering udara yang bersaiz kurang daripada 63 µm dimasukkan ke dalam botol dan 100 ml pengekstrak ammonium acetate-asid asetik. Botol kemudian ditutup dan digoncang selama 30 minit. Larutan tersebut kemudian dituras dengan kertas turas whatman no. 5 dan dituras sekali lagi menerusi kertas turas bersaiz 0.45 µm milipore ke dalam kelalang kon dan ditutup untuk mengelakkan kontaminasi. Kandungan logam-logam berat ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom Kaedah Nyalaan (Perkin Elmer Model 3300).

Hasil dan Perbincangan

Nilai pH dan peratusan taburan saiz partikel ditunjukkan dalam Jadual 1. Mengikut Jadual 1, jenis tanah di sekitar kawasan hutan paya baku di kawasan kajian adalah dari jenis pasir, pasir berlom, dan lom berpasir di mana tidak banyak perbezaan antara ketiga-tiganya. Nilai pH yang paling berasid dicatatkan pada stesen 18 di kawasan Sungai Sisek.

Nilai pH & Peratusan Taburan untuk Setiap Sampel Tanah Bakau Berbeza

Stesen							
Sg. Mawar	pH	Jenis Sedimen	% Taburan μm				
			> 500	500–250	250–125	125–63	< 63
St1	5.40	Pasir	0.68	1.49	7.73	7.72	0.68
St2	6.25	Pasir berlom	0.43	0.72	2.71	9.65	2.68
St3	6.85	Lom berpasir	0.07	0.07	4.34	12.30	1.48
St4	6.66	Pasir berlom	10.48	1.33	0.22	0.16	0.03
St5	6.64	Pasir berlom	0.35	0.40	1.31	9.53	3.53
St6	6.67	Pasir	1.85	4.45	7.36	3.44	0.54
St7	6.36	Lom berpasir	1.83	3.07	6.21	5.44	0.88
St8	5.27	Lom berpasir	2.59	4.97	5.84	3.37	0.56
St9	5.85	Pasir	0.05	0.09	4.29	12.62	1.33
Sg. Sisek							
St10	4.63	Pasir	0.28	6.45	4.17	6.91	0.94
St11	4.37	Pasir berlom	1.56	0.83	3.44	7.62	2.11
St12	4.11	Pasir berlom	0.91	0.59	2.33	8.06	2.64
St13	5.44	Lom berpasir	0.02	0.12	5.89	9.98	1.36
St14	5.84	Pasir berlom	0.06	0.23	3.02	10.20	0.79
St15	5.97	Pasir	0.09	0.18	3.49	12.68	0.84
St16	6.10	Lom berpasir	0.06	0.66	9.39	8.25	0.83
St17	6.36	Lom berpasir	0.30	1.89	7.90	7.28	0.81
St18	3.88	Lom berpasir	0.20	0.88	10.77	5.31	0.86
St19	5.36	Pasir	0.01	0.54	13.64	5.07	0.29
T. Gorek							
St20	5.48	Pasir	0.83	1.16	7.10	9.47	0.40
St21	5.75	Pasir	1.38	2.55	5.95	7.07	0.28
St22	6.03	Pasir	0.24	0.54	10.71	6.94	0.09
St23	6.93	Lom berpasir	0.68	2.65	12.16	1.05	0.10

Kandungan Logam Berat Jumlah dalam Tanah Bakau, Mersing

Secara keseluruhannya, mengikut tertib kepekatan daripada hasil kajian, didapati kepekatan Mn dan Pb didapati mempunyai nilai kepekatan yang tertinggi berbanding dengan logam berat yang lain yang terdapat dalam tanah bakau.

JADUAL 2: Tertib Kepekatan Logam Berat dalam Sedimen Mengikut Kawasan

Kawasan	Tertib kepekatan logam berat
Sg. Mawar	Mn > Pb > Fe > Cu > Cd > Cr
Sg. Sisek	Pb > Mn > Cu > Fe > Cd > Cr
Teluk Gorek	Pb > Mn > Cu > Cd > Fe > Cr

Jadual 2 menunjukkan tertib kehadiran logam berat dalam sedimen bakau. Secara keseluruhannya, Pb mendominasi kawasan hutan bakau di Sg. Sisek dan Teluk Gorek manakala, unsur Mn mencatat nilai tertinggi di kawasan Teluk Gorek. Menurut Mackey dan Hodgkinson (1995), di sepanjang muara Brisbane (Australia), kepekatan Pb didapati tinggi manakala Cr didapati berkepekatan rendah.

Plumbum (Pb)

Stesen Teluk Gorek mencatatkan purata kepekatan Pb yang tinggi iaitu ($7.66 \pm 3.769 \mu\text{g/g}$) manakala Sg. Mawar mencatatkan purata kepekatan Pb terendah ($2.56 \pm 1.816 \mu\text{g/g}$). Ujian ANOVA satu hala, terdapat perbezaan yang signifikan antara kepekatan Pb dengan stesen. Ujian korelasi pula menunjukkan bahawa Pb tidak mempunyai perbezaan yang signifikan dengan logam-logam lain. Ujian korelasi Pb dengan stesen adalah signifikan positif dengan Pb ($p < 0.05$, $r = 0.511$). Nilai Pb yang tinggi diakibatkan oleh kesan daripada kombinasi imput dari udara yang banyak terhadap bakau di mana bahan terampai adalah tinggi. Kepekatan Pb yang tinggi juga mungkin disebabkan oleh kesan antropogenik yang datang daripada bahan api berplumbum daripada bot-bot ataupun cat daripada badan bot (Kamaruzzaman 2008). Kehadiran kepekatan Pb pada tanah bakau di semua stesen kemungkinan berpunca daripada cat-cat dari bot, rumah mahupun daripada batang-batang paip yang terdapat di sekitar kawasan bakau (Mohd Lokman et al. 1994)

Kuprum (Cu)

Purata kepekatan Cu tertinggi dicatatkan pada Sg. Sisek iaitu ($1.196 \pm 0.311 \mu\text{g/g}$) dan nilai bacaan terendah adalah di Teluk Gorek ($1.02 \pm 0.286 \mu\text{g/g}$). Ujian ANOVA satu hala menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara semua stesen. Ujian korelasi, didapati Cu mempunyai hubungan signifikan positif dengan Mn ($p < 0.05$, $r = 0.432$). Menurut WHO (1998), Cu biasanya digunakan dalam alatan elektrik, aloi, bahan pengecat kapal dan bahan pengawetan kayu. Dalam pada itu, bahan buangan dari aktiviti harian penduduk juga boleh menyumbang kandungan Cu ke dalam sekitaran kawasan bakau.

Ferum (Fe)

Bacaan pada Sg. Mawar mencatatkan nilai tertinggi ($1.28 \pm 0.562 \mu\text{g/g}$) dan Teluk Gorek mencatatkan bacaan purata kepekatan terendah ($0.82 \pm 0.604 \mu\text{g/g}$). Ujian ANOVA satu hala menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara Fe dengan stesen. Ujian korelasi pula menunjukkan tiada hubungan signifikan positif antara Cu ($p > 0.05$, $r = 0.083$) dan Cd ($p > 0.05$, $r = 0.119$).

Mangan (Mn)

Bacaan Mn di Telok Gorek didapati paling tinggi iaitu ($7.28 \pm 7.220 \mu\text{g/g}$) manakala bacaan Mn di Sg. Sisek dicatatkan paling rendah antara semua stesen iaitu ($4.0 \pm 5.039 \mu\text{g/g}$). Di Sg. Mawar, bacaan purata kepekatan Mn didapati paling tinggi antara semua kepekatan logam berat yang lain dengan nilai ($4.39 \pm 3.763 \mu\text{g/g}$). Ujian ANOVA satu hala menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara Mn dengan stesen. Ujian korelasi menunjukkan terdapat hubungan signifikan positif antara Mn dengan Cu ($p < 0.05$, $r = 0.432$) manakala ia tidak ada menunjukkan hubungan signifikan positif antara Mn dengan Pb ($p > 0.05$, $r = 0.061$) dan Cd ($p > 0.05$, $r = 0.146$). Mn merupakan logam berat yang mempunyai kepekatan kedua tertinggi pada kesemua stesen persampelan di kawasan bakau Mersing selepas Pb.

Kadmium (Cd)

Bacaan purata kepekatan Cd di Telok Gorek didapati tinggi iaitu ($0.8 \pm 0.144 \mu\text{g/g}$) manakala bacaan purata kepekatan di Sg. Sisek didapati terendah iaitu ($0.5 \pm 0.293 \mu\text{g/g}$). Walau bagaimanapun, bacaan purata kepekatan Cd di setiap stesen adalah rendah iaitu kurang dari $1 \mu\text{g/g}$. Ujian ANOVA satu hala menunjukkan Cd tidak mempunyai perbezaan yang signifikan antara semua stesen. Ujian korelasi yang dibuat, ia menunjukkan tidak ada hubungan signifikan positif dengan Pb ($p > 0.05$, $r = 0.104$) dan Mn ($p > 0.05$, $r = 0.146$).

Kromium (Cr)

Bacaan purata kepekatan Cr pada setiap stesen adalah paling rendah didapati jika dibandingkan dengan kesemua kepekatan logam berat yang terdapat semua stesen. Bacaan purata kepekatan tertinggi bagi Cr adalah pada Sg. Mawar iaitu ($0.43 \pm 0.247 \mu\text{g/g}$) dan yang terendah pula adalah di Teluk Gorek iaitu ($0.26 \pm 0.2 \mu\text{g/g}$). Ujian ANOVA satu hala menunjukkan tidak ada perbezaan yang signifikan bagi Cr dengan semua stesen. Cr biasanya hadir dalam sedimen sebagai efluen kimia daripada tumbuhan dan batu (Sahibin et al. 1997).

Kesimpulan

Kepekatan Pb dan Mn didapati mempunyai kandungan yang banyak jika dibandingkan dengan kepekatan logam berat yang lain yang terdapat di kawasan tanah bakau di Mersing. Walaupun begitu, nilai kepekatan Pb dan Mn didapati berada pada paras bawah $10 \mu\text{g/g}$. manakala empat logam berat yang lain berada pada paras bawah $2 \mu\text{g/g}$. Kepekatan Pb

JADUAL 3. Purata Kepekatan Logam Berat di Setiap Stesen (dalam µg/g)

	Pb	Cu	Fe	Mn	Cd	Cr
Sg. Mawar	2.560± 1.816	1.081± 0.371	1.280± 0.562	4.396± 3.763	0.630± 0.319	0.433± 0.247
Sg. Sisek	6.328± 4.462	1.196± 0.311	1.147± 0.604	4.005± 5.039	0.547± 0.293	0.356± 0.290
Teluk Gorek	7.660± 3.769	1.021± 0.286	0.822± 0.586	7.280± 7.221	0.857± 0.144	0.260± 0.200

dan Mn yang tinggi kemungkinan disebabkan kesan antropogenik seperti cat pada bot, enjin bot, penempatan-penempatan penduduk berdekatan ataupun dari tempat-tempat rekreasi yang terletak di sepanjang pantai dan juga pulau-pulau berdekatan. Namun begitu, kawasan hutan bakau di Mersing atau disekitar Sg. Mawar, Sg. Sisek dan Teluk Gorek masih berada pada keadaan tidak merbahaya dan pemantauan terhadapnya harus dilakukan supaya habitat hutan bakau masih dikekalkan.

Rujukan

- Clark, M.W., McConchie, D., Lewis, D.W. & Saenger, P. 1998. Redox stratification and heavy metal partitioning in *Avicennia*-dominated mangrove sediments: a geochemical model. *Chem. Geol.* 149: 147-171.
- Harbison, P. 1986. Mangrove muds: A sink or source for trace metals. *Marine Pollut. Bull.*, 17: 246-250.
- Kamaruzzaman, K.Y. 1994. A Study of some Physico-Chemical Parameters in the Estuarine System of Chukai-Kemaman Rivers, Terengganu. M.Sc. Theses. Universiti Putra Malaysia, pp: 222.
- Kamaruzzaman, K.Y., Suhaimi, H., Teh, E.K., Leong, H.F., Soon, K.H. & Chong, K.Y. 2000. The determination of ²³⁰Th in the sediments: Sedimentation in the mangrove Forests of Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. *J. Ultra Sci. Phys. Sci.*, 13 (2): 239-245.
- Kocak, M., Kubilay, N., Herut, B., & Nimmo, M. 2005. Dry atmospheric fluxes of trace metals (Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Zn, Cu) over the Levantine Basin: a refined assessment. *Atmospheric Environ* 39: 7330-7341
- Mackey, A.P. & Hodgkinson, M.C. 1995. Concentration and spatial distribution of trace metals in mangrove sediments from the Brisbane River, Australia. *Environ. Pollut.* 90: 181-186.
- Maiz, I., Arambarri, I., Garcia, R. & Millan, E. 2000. Evaluation of heavy metals availability in polluted soils by two sequential extraction procedures using factor analysis. *Environ. Pollut* 110: 3-9.
- Mohd Lokman, H., Merehojono, S., Shazili, N.A.M., Rosnan, Y. & Kamil, A.R.M. 1994. Neap Tidal Transport of Particulate Organic Matter (POM) in a Mangrove Creek at Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. In: 3rd Symposium of Applied Biology, 28-29 May, pp: 106-109.
- Perin, G., Fabris, R., Manente, S., Wagner Rebello, A., Hamacher, C. & Scooto, S. 1997. A five - year study on the heavy metal pollution of Gusnsbara Bay sedimen (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Water Research* 31 (12): 3017-3028.

- Preda, M. and Cox, M.E. 2002. Trace metal occurrence and distribution in sediments and mangroves, Pumicestone region, southeast Queensland, Australia. *Environment International* 28: 433-449.
- Sahibin, A.R. & Mohamad. M.T. 1997. Komposisi Unsur Major dan Unsur Surih Tanah yang terbentuk di Dataran Pasang Surut di Pulau Langkawi. *Borneo Science* 1: 51-64.
- Sinex, S.A. & Wright, D.A. 1988. Distribution of trace metal in the sediments and biota of Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin* 19: 820-825.
- Soto-Jimenez, M. & Pez-Osuna, F. & Ruiz-Fernandez, A. C. 2003. Geochemical evidence of the anthropogenic alteration of trace metal composition of the sediment of Chiricahueto marsh (SE Gulf of California). *Environmental Pollutiol* 125: 423-432.
- Spencer KL. 2002. Spatial variability of metals in the inter-tidal sediments of the Medway Estuary, Kent, UK. *Mar Pollut Bull* 44: 933-944
- Tam, N.F.Y. & Wong, Y.S. 1995. Spatial and temporal variations of heavy metal contamination in sediments of a mangrove swamp in Hong Kong *Mar. Pol. Bull.* 31: 254-261.
- Tam, N.F.Y. & Wong, Y.S. 1997. Accumulation and distribution of heavy metals in a simulated mangrove system treated with sewage. *Hydrobiologia* 352: 67-75.
- Tam, N.F.Y. & Wong, Y.S. 2000. Spatial variation of heavy metal in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Env. Pollut.* 110: 195-205.
- WHO, 1998. Copper: Environmental Health Criteria Monograph 200. International Program on Chemical Safety (IPCS) & Dunn, R.J.K. 2002. Evaluation of DGT (Diffusive Gradient in Thin Films) against traditional methods for heavy metal measurements: Case studies in the Gold Coast Broadwater. Honours Thesis, Griffith University, Gold Coast.