

KAEDAH LESTARI BIO-SERAPAN DALAM MERAWAT AIR BUMI MENGGUNAKAN BAHAN ORGANIK

Sabariah Musa¹, (Nor Azazi Zakaria², Lau Tze Liang³, Radin Maya Saphira Radin Mohamed⁴, Muna Iffah Amir⁵, Muhammad Mujiduddin Ibrahim⁶, dan Atiqah Adnan⁷)

¹*Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
sabariah@uthm.edu.my*

(^{1,4-7}*Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*)

(^{2,3}*Pusat Penyelidikan Sungai dan Saliran Bandar (REDAC), Universiti Sains Malaysia*)

Air bawah tanah adalah salah satu sumber air yang mempunyai peratusan yang rendah untuk tercemar dengan bahan pencemar N amun, peningkatan aktiviti guna tanah dan penerokaan baru menyebabkan pencemaran air bawah tanah bukan lagi satu perkara yang asing. Apatah lagi kewujudan pencemar ini sekian lama terperangkap di dasar lapisan menyebabkan tahap kualiti air bumi semakin rendah. Maka, kajian ini bertujuan merawat air bawah tanah terlebih dahulu dengan bahan yang berpotensi dapat merawat air secara lestari dan selamat. Kajian ini dibuat dengan menggunakan bahan organik yang mudah didapati sebagai agen rawatan di dalam proses rawatan air bawah tanah menggunakan kaedah bio-serapan yang merupakan kaedah lestari yang lebih mudah dan ekonomi berbanding dengan kaedah moden atau kimia yang lain. Bahan organik bio-serapan yang digunakan adalah kulit kerang, buluh, arang dan lalang. Percampuran peratusan yang berkesan berfungsi di dalam mengurangkan peratusan bahan cemar yang tidak melepasi piawaian Kementerian Kesihatan Malaysia yang terdapat di dalam air bawah tanah di RECESS, UTHM iaitu Mangan, Nitrat, Sulfat, dan Klorida. Kaedah ini dijangka mampu untuk menurunkan peratusan bahan cemar yang terkandung di dalam air bawah tanah bagi kawasan ini di samping dapat mengaplikasikan konsep pengurangan penggunaan bahan kimia terhadap alam sekitar dan memanfaatkannya untuk tujuan yang lebih baik dan mesra alam.

Kata kunci: Air bawah tanah, bahan organik, rawatan lestari, alam sekitar.

1. PENGENALAN

Faktor pendudukan dan kepesatan pembangunan serta guna tanah semamangnya tidak dapat dinafikan dari segi kesan kepada air larian dan resapannya. Namun, adaptasi permasalahan yang sesuai dan teknik yang lestari merupakan pengurusan mampan perlu diketengahkan bagi menangani isu pencemaran air dan penggunaannya.

Ini boleh dibuktikan melalui Dasar Kependudukan yang diperkenalkan oleh Tun Dr. Mahathir Mohamad, 1982 yang mensasarkan 70 juta penduduk di Malaysia menjelang 2100 kerana Malaysia akan lebih berjaya sekiranya mempunyai 70 juta orang penduduk (Hock, 2007). Secara tidak lansung, dasar ini sebenarnya memberi impak terhadap alam sekitar secara berperingkat sekiranya aktiviti-aktiviti pembangunan yang dijalankan oleh manusia yang semakin rancak tanpa dipantau dan mengabaikan penjagaan alam sekitar. Maka,

pencemaran terhadap alam sekitar akan berlaku kerana pembangunan yang tidak seimbang dengan keadaan sekeliling. Air bumi (air bawah tanah) juga adalah antara elemen alam sekitar yang boleh terjejas disebabkan oleh perkara ini. Jadi, sebagai alternatif kepada masalah sumber air bersih yang kian terhad, maka kaedah rawatan air yang lebih mudah dan ekonomi perlu dikaji.

Air bersih merupakan keperluan terpenting untuk manusia. Keperluannya meningkat disebabkan penambahan populasi penduduk dunia pada masa kini. Air meliputi 71% daripada permukaan bumi dan 1.7% daripadanya adalah air bawah tanah. Di Malaysia, menurut Musa et al., (2010), permintaan air meningkat sebanyak 12% di Semenanjung Malaysia sahaja tidak termasuk Sabah dan Sarawak dan peratusan ini dijangka akan meningkat dari masa ke semasa selari dengan kadar pertumbuhan populasi di sesuatu kawasan. Pertambahan populasi bermakna akan ada perubahan di dalam penggunaan air di mana sumber air dan kualiti air akan menjadi kurang disebabkan permintaan air yang tinggi. Ini kerana kos rawatan air melibatkan sejumlah kos yang tinggi disebabkan penggunaan bahan kimia seperti alum. Sumber air alternatif seperti hujan dan air bumi agak sukar digunakan secara meluas kerana keraguan tahap kualitinya yang mana banyak dipengaruhi oleh persekitaran.

Salah satu sumber sampingan iaitu air bawah tanah terletak di bawah permukaan tanah dan terkandung di dalam liang-liang tanah. Ia terjadi dan terkumpul daripada air-air yang mengalir di permukaan bumi seperti air larian permukaan dan sungai-sungai yang meresap ke dalam tanah disebabkan oleh graviti dan membentuk air bawah tanah. Kebiasaannya, air bawah tanah adalah bersih dan tidak tercemar dengan bahan-bahan kimia yang boleh memudaratkan kesihatan manusia. Namun, disebabkan teknologi serta populasi manusia yang semakin meningkat maka, air bawah tanah yang bersih mula tercemar dengan bahan-bahan pencemar seperti logam berat, bahan kimia lain dan sebagainya yang memerlukan rawatan dilakukan terlebih dahulu sebelum ia boleh digunakan oleh manusia dengan selamat. Oleh itu, kajian ini adalah untuk mendapatkan kaedah rawatan air yang berkesan dan ekonomi bagi membolehkan lebih banyak air bersih dapat dibekalkan kepada orang awam dengan kos yang lebih rendah. Lokasi sumber air bawah tanah untuk kajian ini adalah di dalam kawasan RECESS (Research Centre for Soft Soils), UTHM (Universiti Tun Hussien Onn Malaysia) di mana sampel air diuji tahap kualitinya di kawasan kajian ini. Rajah 1 menunjukkan lokasi sampel air diambil.



Rajah 1 Sumber air bawah tanah

Kajian ini berorientasikan rawatan khusus yang dikenalpasti terhadap parameter yang terlibat sahaja. Proses rawatan susulan ini merupakan rawatan yang mudah dan ekonomi dalam mengurangkan peratusan Mangan, Nitrat, Sulfat dan Klorida di dalam air bawah tanah dengan menggunakan bahan organik. Kajian persediaan juga perlu dilakukan bagi

menentukan nisbah berkesan dan optimum bahan organik yang boleh digunakan untuk mengurangkan peratusan parameter yang terlibat di dalam air semualajadi ini.

2. KANDUNGAN AIR BAWAH TANAH

Menurut Jang (2008), terdapat pelbagai kaedah dan proses rawatan air bumi yang telah digunakan untuk menyingkirkan kandungan bahan pencemar di dalam air. Antara semua kaedah yang telah dicadangkan, kaedah penyerapan bahan pencemar antara kaedah yang paling berkesan dan ekonomi untuk rawatan air. Antara bahan penyerap bahan pencemar adalah karbon teraktif, mineral tanah liat, mineral zeolit dan lain- lain lagi.

Air bawah tanah di RECESS adalah antara air yang mengandungi bahan-bahan pencemar seperti logam berat, sulfat, nitrat, dan klorida (Jadual 1). Jadi, ia memerlukan rawatan lanjut bagi menyingkirkan bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalamnya. Namun, rawatan yang memerlukan penggunaan bahan kimia kebiasaannya memerlukan kos yang agak tinggi. Maka, kajian ini mengaplikasikan penggunaan bahan organik yang jauh lebih murah dan mudah untuk didapati seperti lalang, buluh, kulit kerang dan arang yang berpotensi untuk digunakan bagi merawat air bawah tanah ini. Disebabkan oleh faktor lokasi air bawah tanah yang jauh ke dalam tanah, ia sebenarnya agak mustahil untuk dicemari oleh bahan-bahan pencemar yang biasanya terdapat dalam air permukaan. Namun, kebarangkalian untuk air bawah tanah itu tercemar tetap ada. Apabila sesebuah perigi atau air bawah tanah itu tercemar, adalah sukar untuk ia kembali kepada kualiti air yang asal disebabkan oleh keadaan lokasinya yang jauh di bawah permukaan bumi.

Jadual 1 Kualiti air di RECESS (Sumber: Musa, et al., 2010)

3. Telaga	Sifat/Parameter	RECESS	RISDA	UTHM
Fizikal				
Telaga	Diameter (mm)	150	100	100
	Kedalaman (m)	100	15	30
	Paras air dari permukaan (m)	5.5	2	0.44
Kualiti Air				
Bumi	Suhu (°C)	27.9	29.4	28.73
	Kekeruhan (NTU)	10.2	1.1	8.5
	pH	6.47	10.5	6.95
	Amonia (mg/L)	0.02	9.86	0.05
	Klorida (mg/L)	1061.57	32.28	879.32
	Kemasinan (ppt)	2.07	0.004	1.4
	TDS (g/L)	2.56	0.061	1.77

ADAPTASI KAJIAN

Kajian ini menekankan penggunaan bahan organik sebagai bahan bio-serapan untuk menurunkan peratusan logam berat dan bahan kimia di dalam air bawah tanah khususnya air di RECESS, UTHM. Bahan organik yang akan digunakan di dalam kajian ini adalah buluh,

arang dan lalang daripada spesies *hypparrhenia hirta* dan kulit kerang daripada spesies *anadara granosa*.

Bahan organik ini dimasukkan dengan nisbah-nisbah yang berbeza ke dalam sampel terkawal sebanyak 600ml air bawah tanah. Sampel-sampel air bawah tanah ini ditambah dengan bahan organik berbentuk uncang teh. Kandungan setiap sampel bahan organik dikawal dengan mengikut isipadu uncang teh. Sampel kawalan tanpa bahan organik akan digunakan sebagai rujukan bagi mengetahui peratus penurunan Mangan, Sulfat, Nitrat dan Klorida di dalam sampel air bawah tanah itu.

Bagi memenuhi objektif kajian ini, kandungan penurunan parameter-parameter tersebut diukur pada hari 1, hari 2, dan hari 3 dengan menggunakan IC (Ion Chromatography) bagi mendapatkan peratusan parameter air sebelum dan selepas ujikaji dijalankan. Peratusan parameter ujikaji dibandingkan dengan piawaian kualiti air minuman mentah untuk air bawah tanah yang digariskan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia.

4. PRA-KAJIAN DAN POTENSI

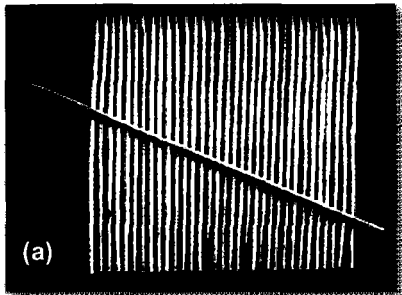
Berdasarkan pra-kajian kandungan air bawah tanah di kawasan kajian, air bawah tanah di kawasan kajian mengandungi parameter-parameter seperti yang dinyatakan di dalam Jadual 2. Terdapat sebahagian parameter yang tidak perlu dirawat kerana telah memenuhi piawaian yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) kecuali Mangan, Sulfat, Nitrat dan Klorida sahaja yang perlu dirawat.

Kehadiran bahan cemar bagi kawasan ini bukan disebabkan oleh aktiviti manusia yang memberikan impak secara terus terhadap air bawah tanah atau pembuangan sampah-sarap dan sisa buangan yang boleh meningkatkan kepekatan bahan cemar yang berada di dalam air bawah tanah. Hasil analisa mendapati, kawasan ini merupakan kawasan yang rata dan berkedudukan berdekatan dengan sempadan laut kira-kira 20 Km. Dengan demikian, kawasan ini menemukan lapisan tanah enapan dan fosil yang terbentuk akibat kesan pasang surut laut berabad lamanya. Tahap keasidan juga dipengaruhi oleh kewujudan tompokan-tompokan air masin yang dikenalpasti wujud dan terperangkap di dalam lapisan tanah liat ini di mana pergerakan agak terbatas untuk mengalir keluar. Secara tidak langsung, ia memberi sedikit kesan kepada kehadiran kepekatan yang tidak diingini. Maka, kajian ini telah memilih bahan tertentu sahaja untuk dianalisa tanpa mengganggu kestabilan parameter lain.

Jadual 2 Parameter-parameter yang dikenalpasti di dalam air bawah tanah di RECESS

Sampel	pH	Florida (ppm)	Klorida (ppm)	Bromida (ppm)	Nitrat (ppm)	Sulfat (ppm)
1	6.4	5.143	2032.63	8.042	8.29	600.016
2	6.4	5.304	1625.521	-	22.481	1363.05
3	6.4	15.152	1972.373	-	11.734	422.88

Sampel	Ferum (ppm)	Kalium (ppm)	Mangan (ppm)	Copper (ppm)	Kalsium (ppm)	Kekeruhan NTU
1	0.08	36.87	0.443	0.496	387.1	43.9
2	0.082	66.9	0.435	0.143	319	60.7
3	0.085	34.89	0.474	0.143	390.9	43.2



Rajah 2 Bahan organik (a) Buluh, (b) Arang, (c) Hyparrhenia Hirta dan (d) Kulit kerang

5. IMPLIKASI MANGAN (Mn), NITRAT (N), SULFAT (SO₄) DAN KLORIDA

Daripada kajian-kajian yang dijalankan terdahulu, bahan kimia dan logam berat jika diambil secara berlebihan dan melebihi dos yang biasa sememangnya akan memberikan kesan terhadap kesihatan manusia tidak kira pada jangka masa pendek atau jangka masa panjang. Maka, bagi mengelakkan kesan buruk yang boleh mengancam nyawa dan kesihatan manusia, rawatan terhadap air bawah tanah perlu dilakukan secara bijak. Kajian-kajian terdahulu juga membuktikan terdapat banyak bahan-bahan organik yang boleh digunakan di dalam proses rawatan air bumi. Maka, bahan yang dipilih untuk digunakan sebagai agen penyerapan (bio-serapan) bahan cemar di dalam air bawah tanah bagi kajian ini adalah lalang, arang, buluh dan kulit kerang. Pemilihan penggunaan bahan organik ini adalah dibuat dengan mengambilkira potensi keberkesanan bahan ini untuk mengurangkan peratusan bahan cemar di dalam air di

samping perolehan sumber organik yang mudah, dan ekonomi. Aplikasi teknik yang sistematis mampu menghasilkan keputusan yang berkesan dan selamat jika konsep mesra alam dikormesialkan.

5.1 Mangan (Mn)

Mangan biasanya digunakan di dalam industri pembuatan besi dan keluli. Mangan tidak begitu memberi kesan terhadap kesihatan manusia disebabkan mangan banyak terkandung di dalam badan dan bahan-bahan yang biasa digunakan oleh manusia. Namun, pendedahan kepada kandungan mangan yang banyak akan menyebabkan sindrom yang dikenali sebagai “*Manganism*” yang memberi kesan sama seperti sindrom “*Parkinson*” termasuklah sakit sendi, anaroksia, dan pelbagai lagi (WHO, 2006).

Terdapat banyak kajian yang menggunakan bahan organik sebagai agen untuk menyerap dan menyingkirkan kandungan bahan pencemar di dalam air bawah tanah. Antaranya adalah seperti penggunaan kelopak bunga *Rose Centifolia* dalam penyingkiran logam berat melibatkan kos yang rendah tetapi berkesan (Azmi et al., 2012). Melalui kajian yang dijalankan oleh Siabi (2003) untuk air bawah tanah di Ghana, arang batu berupaya digunakan sebagai agen untuk menyerap bahan kimia di dalam air seperti Mangan. Ini adalah kerana arang merupakan karbon yang sangat reaktif dan mempunyai struktur yang agak berbeza dengan karbon-karbon yang lain dan menyebabkan ia mampu untuk menyerap molekul-molekul halus dan ion yang teratur di dalam air. Daripada kajian yang dilakukan ke atas beberapa telaga di Ghana, didapati bahawa arang mampu untuk mengurangkan peratusan Mangan di dalam air sebanyak 75-92% (Jadual 3).

Jadual 3 Peratusan penyingkiran mangan (Sumber: Siabi, 2003)

Parameter	Removal efficiency in the Mwacafe plant (%)
Iron	90 - 100
Manganese	75 - 92
Fluoride	75 - 95

5.2 Nitrat (N)

Nitrat semulajadi terdapat di dalam air dan tanah disebabkan penguraian bahan organik disebabkan oleh bakteria melalui proses pereputan. Sumber-sumber pembentukan nitrat dalam hidupan akuatik yang lain adalah daripada sisa haiwan, sisa kimia dan juga perlepasan air sisa. Sebatian nitrogen akan dioksidakan oleh bakteria di dalam tanah dan dibawa masuk ke dalam air bumi disebabkan oleh resapan dalam akuifer (WHO, 2011). Kandungan nitrat yang tinggi di dalam air akan memberi kesan yang tidak baik terhadap manusia terutamanya bayi. Ia akan mengganggu peredaran darah manusia di mana ia akan mengurangkan kebolehan darah di dalam tubuh untuk mengangkut oksigen dan menyebabkan bayi tercekik dan tidak dapat bernafas.

Menurut Mizuta et al., (2004) menggunakan buluh bersama arang boleh membantu di dalam penyingkiran kandungan nitrat di dalam air. Kajian yang dilakukan adalah dengan membandingkan penggunaan arang bersama buluh di dalam proses penyingkiran nitrat. Hasilnya, didapati bahawa penggunaan arang bersama buluh memberikan peratusan

keberkesanan yang lebih tinggi untuk menyingkirkan kandungan nitrat di dalam air berbanding dengan menggunakan arang sahaja kerana kadar penyerapan nitrogen yang lebih efektif sekiranya arang digunakan bersama dengan buluh.

5.3 Sulfat (SO₄)

Sulfat yang terdiri daripada unsur sulfur dan oksigen terbentuk secara semulajadi di dalam pelbagai mineral dan digunakan secara komersial di dalam industri kimia. Sulfat terkandung di dalam air adalah disebabkan oleh pembuangan sisa industri dan kandungan sulfat di dalam air yang paling tinggi adalah di dalam air bawah tanah. Pengambilan sulfat yang terlalu tinggi di dalam badan manusia akan menyebabkan masalah kesihatan seperti cirit-birit yang teruk serta kehilangan air di dalam badan yang tinggi disebabkan oleh masalah cirit-birit (WHO, 2006).

Kehadiran sulfat dalam air boleh disingkirkan dengan menggunakan bahan-bahan yang mengandungi kandungan batu kapur seperti kapur, batu kapur dan juga kulit kerang. Ini adalah kerana kulit kerang mempunyai unsur karbon karbonat yang berpotensi untuk menyingkirkan kandungan sulfat di dalam air. Tiada kajian terdahulu yang menunjukkan penyingkiran sulfat boleh dibuat dengan menggunakan kulit kerang dengan terperinci, namun dengan mengambilkira ciri-ciri kulit kerang yang mengandungi agen batu kapur (CaCO₃), maka dapat disimpulkan bahawa kulit kerang mempunyai potensi untuk menyingkirkan kandungan sulfat di dalam air.

Menurut Reilly (2012), kulit kerang boleh digunakan untuk mengurangkan kandungan logam dan pH di dalam air kerana kulit kerang mengandungi kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) yang boleh menukarkan logam berat kepada mendapan di dalam air. Hasil daripada kajian, didapati bahawa kulit kerang tersebut mampu untuk menyingkirkan kandungan kadmium, plumbum, dan karbon di dalam air.

5.4 Klorida

Klorida merupakan garam yang terkumpul disebabkan oleh gabungan gas klorin dan logam. Proses perindustrian seperti pengilangan bateri, pengilangan racun serangga dan lain-lain merupakan antara sumber klorida boleh dijumpai di dalam air sekiranya bahan-bahan perindustrian tersebut dibuang secara terus di dalam kuantiti yang banyak di dalam air. Selain itu, klorida juga boleh terkandung di dalam air disebabkan oleh cuaca yang menyebabkan batu terhakis dan mengalir bersama dengan air larian permukaan. Kesan pengambilan klorida yang banyak ke dalam tubuh manusia akan menyebabkan masalah kegagalan jantung untuk berfungsi, penyakit buah pinggang dan juga tekanan darah tinggi.

Proses perlembutan air biasanya menggunakan kapur sebagai agen pelembutan air. Penggunaan kapur bersama dengan aluminium merupakan teknologi baru di dalam memastikan proses penyingkiran klorida di dalam air yang lebih berkesan. Proses ini akan menyebabkan Klorida di dalam air akan termendap menjadi Kalsium Cloroalumina (Ca₄Al₂Cl₂(OH)₁₂). Penggunaan teknologi ataupun kaedah ini hampir sama ekonomi berbanding dengan kaedah yang menggunakan batu kapur biasa (Apte et al., 2011).

6. KESIMPULAN

Secara ringkasnya, terdapat banyak sumber air bersih yang boleh digunakan bagi menampung keperluan dan kehendak populasi manusia yang semakin meningkat dari sehari ke sehari. Namun sumber alternatif juga perlu diperkenalkan bagi membantu di dalam menampung permintaan air yang semakin meningkat di samping sumber air bersih sedia ada yang semakin terhad. Terdapat banyak kaedah yang boleh digunakan di dalam proses rawatan air bumi namun, kaedah rawatan yang konvensional memerlukan penggunaan bahan-bahan kimia yang mahal dan sukar untuk dicari serta melibatkan proses rawatan yang rumit. Maka, kaedah rawatan air yang lebih mudah, murah dan berkesan perlulah dikaji bagi membantu mengurangkan kos rawatan air sedia ada di samping dapat memanfaatkan sumber bahan organik yang berada di sekeliling dengan sebaiknya.

Pra-kajian ini telah menunjukkan potensi yang tinggi bagi merawat air bawah tanah dengan menggunakan bahan organik terpilih pada parameter terlibat sahaja tanpa menjejaskan kestabilan parameter yang lain. Kaedah lestari ini menjimatkan masa dan kos kerana rawatan khusus kepada parameter yang merbahaya. Kajian lanjutan secara makmal dan model akan memberikan keputusan yang positif kerana kaedah bio-serapan dan mesra alam lebih selamat dan terjamin. Secara tidak langsung kajian ini merupakan satu khidmat kepada masyarakat di mana air bawah tanah di kawasan ini boleh digunakan dengan selamat tanpa rawatan yang kompleks. Ia boleh dijadikan sebagai sumber air bersih yang dapat dimanfaatkan oleh penduduk setempat selain bertujuan untuk membantu syarikat bekalan air tempatan iaitu SAJ (Syarikat Air Johor) bagi menambah sumber air bersih.

Pengakuan

Kajian ini ditaja oleh Geran Penyelidikan (ERGS) – Universiti Tun Hussien Onn Malaysia dengan sokongan kepakaran Universiti Sains Malaysia.

Rujukan

- Azmi, N. A., Abdul Kadir, A., Othman, N., Musa, S.(2012). Rose Centrifolia Potential To Remove Iron and Manganese in Groundwater Treatment. *International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability*. Johor Bharu, Malaysia:Universiti Tun Hussein Onn Malaysia: 1-3.
- Apte, S. S., Apte, S. S., Kore, V. S., dan Kore, S. V. (2011). Chloride Removal from Wastewater by Biosorption with The Palnt Biomass Universal, *Journal of Environmental Research and Technology*. Maharashtra, India: 1-7.
- Groundwater Standard, (2010). 15A NCAC 2L.0202.
- Hock, S. W. (2007). The Population in Malaysia, *ISEAS Publication*, Singapore.
- Jung, J. H, Lee, J. J., Lee, G. W., Yoo, K. S., dan Shon, B. H. (2012). Reuse of Waste Shells as a So_x and No_x Removal Sorbent. Kwangwoon, Korea:1-2.
- Kementerian Kesihatan Malaysia. (2000). Piawaian Kebangsaan Kualiti Air Minuman Mentah (Piawaian Air Bawah Tanah), Malaysia.
- Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara, K., dan Nakanishi, T. (2004). Removal of Nitrate-Nitrogen From Drinking Water by Using Bamboo Powder Charcoal. *Bioresource Technology*, Vol. 95 (3): 255-257.
- Musa, S., Zakaria, N. A., Lai, S. H. (2010).Pengekstrakan Air Bawah Tanah Sumber Bekalan Setempat. *Persidangan Kebangsaan Hidrologi Alam Sekitar. Batu Pahat, Malaysia:Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*, 8(1): 1-8.
- Reilly, M. (2013). Seashell Used To Clean Up Heavy Metals.
- Siabi, K. W.(2003). Potential of Activated Carbon for Manganese and Iron Removal. 29th *WEDC International Conference*. Abuja, Nigeria:1-3
- World Health Organization Guidelines for Drinking-Water Quality. 2006. 3rd ed. Vol. 2. Geneva:WHO Pulication.
- World Health Organization Development of Guidelines for Drinking-Water Quality. 2011. 4th ed. Vol. 2. Geneva: WHO Pulication.
- <http://www.nbcnews.com/id/30435640/ns/technologyandscience-science/t/sea-shells-used-clean-heavy-metals/>.