

Perubahan Kualiti Air Bawah Tanah di Negeri Kelantan Pada Tahun 2010 Hingga 2012

Alteration of Groundwater Quality in Kelantan from 2010 to 2012

Mohd Faiz Faridzuan Bin Roslan
Noorazuan Md Hashim

Program Geografi
Fakulti Sains Sosial Dan Kemanusiaan,
Universiti Kebangsaan Malaysia

azwan@ukm.edu.my

ABSTRAK

Air bawah tanah adalah satu badan penting kepada yang terdapat di dalam bumi. Penerobosan air laut telah memberi kesan terhadap kualiti air bawah tanah. Kajian ini dilakukan adalah bagi menganalisis tahap kualiti air bawah tanah dalam konteks kemasinan dan kandungan klorida di beberapa lokasi jajahan negeri Kelantan daripada tahun 2010 hingga tahun 2012. Selain itu, parameter lain yang diukur dalam kajian ini adalah kandungan logam berat yang terdapat di dalam air bawah tanah. Metod kajian ini adalah mengukur min bagi setiap parameter. Penilaian turut dibuat terhadap kualiti air tanah berdasarkan kepada had piawai dalam Garis Panduan Kebangsaan bagi Kualiti Air Mentah untuk Minuman, 2000 (NGRDWQ) dan Standard Kualiti Air Minimum. Hasil daripada data yang diperolehi mendapati tahap kemasinan air adalah berada pada tahap kurang daripada 2 ppt. Namun bagi kandungan klorida yang terdapat dalam air bawah tanah tersebut pula adalah melebihi daripada 250 mg/l. Ini mendapati tahap air adalah berada pada tahap air payau. Manakala bagi parameter logam berat pula didapati terdapat beberapa jenis logam yang melebihi piawai ditetapkan seperti AS (0.062 mg/l), Cr (0.0213 mg/l), Fn (10.0 mg/l) dan Mn (1.0 mg/l). Hasil daripada kajian ini menunjukkan tahap kualiti air bawah tanah di negeri Kelantan masih lagi berada pada tahap yang baik walaupun kualiti air telah berubah akibat daripada penerobosan air laut.

Kata kunci: air bawah tanah, penerobosan air laut, tahap kemasinan, klorida, logam berat

ABSTRACT

Underground water is an integral part that found inside earth. Sea water extrusion had a positive effect towards underground water quality. This study carried out to analyse underground water quality level in salinity context and chloride content in some of the states of Kelantan from 2010 to 2012. Apart from that, other parameter measured in this study is content of heavy metal that found inside underground water. The method of this study is to measure the mean of each parameter. Assessment was also made on the quality of ground water based on the standards in the National Guidelines for Raw Water Quality for Beverages, 2000 (NGRDWQ) and Drinking Water Quality Standards. Results from the data obtained showed that the level of salinity was at less than 2 ppt. This shows that the level of groundwater is at the level of brackish water. However, the content of chloride in the groundwater is more than 250 mg/l. Meanwhile for heavy metal parameter also found there are a few metal type which exceeding standard fixed like AS (0.062 mg / l), Cr (0.0213mg / l), Fn (10.0mg / l) and Mn (1.0mg / l). The result of this study shows that the level of

groundwater quality in Kelantan is still at a good level although water quality changed due to sea water extrusion.

Kata kunci : *groundwater, seawater intrusion, level of salinity, chloride, heavy metal*

1. Pengenalan

Air adalah merupakan keperluan asas kepada semua kehidupan di bumi. Air juga merupakan sumber penting dalam kehidupan manusia dan menyokong kepada sistem kehidupan global. Setiap hari manusia, haiwan dan tumbuh-tumbuhan akan menggunakan air sebagai sumber minuman seharian. Manusia memerlukan air untuk menjalankan aktiviti harian seperti pertanian, perikanan, perindustrian, pengangkutan dan sebagainya.

Isu pencemaran air menjadi semakin hangat untuk dibincangkan kerana air adalah merupakan satu elemen penting kepada manusia. Ini dapat dibuktikan dengan keadaan tubuh badan manusia terdapat kandungan air sebanyak 65 peratus isipadu air. Dengan ini, jelas menunjukkan bahawa sumber air adalah sangat penting dalam kehidupan seharian manusia. Sememangnya air dapat diperolehi dengan mudah daripada pelbagai sumber namun begitu untuk memperoleh kuantiti sumber air yang bersih dan boleh digunakan adalah begitu terhad (Noraini Amin 1996).

Menyedari kepentingan air yang berkualiti khususnya untuk tujuan kegunaan harian, ramai pengguna di negeri Kelantan telah mencari alternatif lain iaitu menggunakan sumber air bawah tanah sepenuhnya dalam kehidupan mereka. Ini kerana krisis air yang berpunca daripada pelbagai aspek menyebabkan masyarakat di Kelantan lebih memilih untuk menggunakan alternatif bekalan air bawah tanah berbanding bekalan air yang disalurkan oleh Perkhidmatan Pengurusan Bekalan Air Kelantan (Wan Suwaibah 2013).

Di negeri Kelantan, hampir keseluruhan penggunaan air adalah menggunakan air dari sumber air bawah tanah. Air telaga tiub merupakan salah satu air alternatif yang banyak digunakan bagi mendapatkan sumber air bersih. Air ini diperolehi adalah dengan dipamkan melalui proses pengerudian dari air bawah tanah ke permukaan melalui laluan paip atau dikenali sebagai kaedah 'boring'. Sumber air bawah tanah di sesuatu kawasan itu akan diambil dari lapisan batuan keras granit atau batuan keras lain dan air disedut dari dalam tanah lebih 20 meter atau beratus meter dari permukaan bumi. Air yang diekstrak dipercayai lebih berkualiti kalau dibandingkan dengan air dari permukaan sungai dan kolam.

Sumber bekalan air ini digunakan bagi menjalani kehidupan seharian. Melihat keadaan ini menyebabkan pengkaji memilih untuk kajian ini dilakukan. Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mencapai beberapa objektif. Diharapkan hasil kajian ini dapat memberi kesan dan manfaat untuk perkongsian dan rujukan bersama. Antara objektif yang ingin dicapai adalah:

- I. Menganalisis perubahan kadar kualiti air bawah tanah akibat penerobosan air laut di beberapa lokasi di negeri Kelantan pada tahun 2010 hingga tahun 2012.
- II. Menganalisis kadar kandungan logam berat di dalam air bawah tanah di Kelantan pada tahun 2010 hingga tahun 2012.
- III. Mengenalpasti langkah-langkah pengurusan yang boleh diambil bagi kemampunan bekalan air bawah tanah.

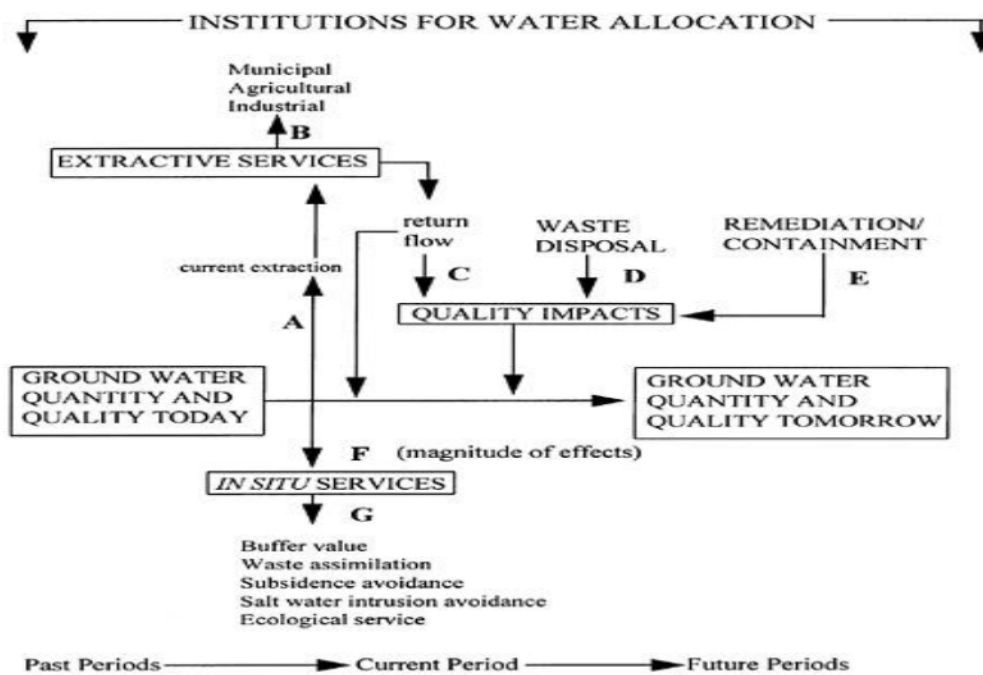
2. Tinjauan Literatur

Kerangka Konsep Penilaian Air Bawah Tanah

Kerangka konsep yang digunakan dalam bab ini adalah berdasarkan pendekatan keseluruhan penilaian ekonomi yang mengintegrasikan komponen hidrologi dan penilaian masalah fizikal. Rangka konsep ini menghubungkan tentang perubahan dalam ciri-ciri fizikal iaitu kuantiti dan kualiti sumber air tanah kepada perubahan dalam tahap perkhidmatan atau

penggunaan sumber dan akhirnya, bagaimana masyarakat menilai perubahan dalam perkhidmatan atau penggunaan sumber tersebut. Boyle dan Bergstrom (1994) juga mencadangkan rangka konsep yang sama untuk mengukur manfaat ekonomi air tanah dalam laporan yang disediakan untuk Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat.

Air bawah tanah boleh dianggap sebagai aset semulajadi. Nilai aset sedemikian berupaya mewujudkan aliran perkhidmatan dari semasa ke semasa. Terdapat dua kategori perkhidmatan sumber terbuka yang terdapat dalam air bawah tanah iaitu ekstraktif dan in situ. Hubungan di antara ini digambarkan dalam gambarajah skema yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Dalam setiap tempoh yang digambarkan dalam Rajah 1, stok air bawah tanah menyediakan setiap perkhidmatan dan melalui pelbagai pengaruh yang menjejaskan kualitinya. Sudah tentu pengekstrakan dan / atau penambahan air pada hari ini memberi kesan kepada kuantiti dan kualiti stok esok.



RAJAH 1. Perkhidmatan air bawah tanah

Sumber: terbitan buku *Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches* (1997)

Mekanisme Pencemaran Air

Pencemaran ditakrifkan sebagai perubahan yang tidak diinginkan dalam bentuk fizikal, kimia, atau ciri-ciri biologi udara, tanah dan air yang mungkin atau akan merosakkan kehidupan manusia atau spesies yang lain, keadaan industri pemrosesan, dan aset budaya yang tidak boleh dibazirkan atau mungkin akan merosakkan sumber bahan mentah. (Eugene P. Odum, 1971). Pencemaran berlaku apabila terjadinya sebarang bentuk perubahan yang tidak diinginkan samaada dalam bentuk fizikal, kimia atau biologi bagi udara, air, tanah atau makanan yang akan memberi kesan kepada kesihatan atau segala aktiviti manusia dan organisma hidup yang lain (Miller 1979).

Pencemaran air adalah merupakan suatu keadaan wujudnya bahan-bahan asing asing yang tidak diinginkan yang akan menyebabkan kemerosotan kualiti air (Turk et al 1972). Keadaan ini telah akan menyebabkan air tersebut sudah tidak boleh digunakan oleh manusia. Bahan pencemar telah menyebabkan kualiti air berubah dan ia dapat dibahagi kepada dua bentuk iaitu cecair dan pepejal. Zakaria Awang Soh (1990) menyatakan bahawa pencemar

dalam bentuk cecair mengandungi bahan larutan ampaian dan gas terlarut berciri pencemar manakala pencemar pepejal terdiri daripada sebarang bahan pepejal seperti pasir, lanar, sisa makanan, sisa kilang dan sebagainya.

Sumber Dan Kualiti Air

Kualiti air ialah hasil daripada satu jalinan tindak balas yang majmuk antara elemen kimia dan bukan kimia di dalam penukaran biogeokimia di zon penemuan litosfera dan atmosfera. Penukaran ini melibatkan tindakbalas elemen di dalam sistem biologi, geokimia dan hidrologi melalui kitaran biogeokimia, geokimia, hidrologi dan nutrien (Zakaria Awang Soh 1990).

Penerobosan Air Laut Ke Dalam Air Bawah Tanah

Air bawah tanah juga merupakan air yang ditemui di antara rekahan serta ruang di dalam tanah, pasir dan batuan. Air bawah tanah disimpan dan mengalir perlahan-lahan melalui lapisan-lapisan tanah, pasir serta batuan yang dikenali akuifer. Kelajuan pengaliran air bawah tanah bergantung kepada saiz ruang di antara satu sama lain. Air bawah tanah ini boleh ditemui di mana-mana sahaja walaupun di kawasan yang menerima hujan yang sedikit. Sumber ini sangat penting dan merupakan potensi sumber air yang besar untuk kitaran hidrologi (Harun 1995).

Penerobohan air laut adalah merupakan pergerakan air masin ke dalam akuifer air tawar, yang boleh menyebabkan pencemaran sumber air minum dan akibat-akibat lain. Pencerobohan air laut berlaku secara semulajadi untuk beberapa darjah di kebanyakan akuifer pantai kerana sambungan hidraulik antara air bawah tanah dan air laut. Kerana air garam mempunyai kandungan mineral yang lebih tinggi daripada air tawar maka ia lebih padat dan mempunyai tekanan air yang lebih tinggi. Akibatnya, air masin dapat menembus tanah di bawah air tawar (Johnson 2007).

Pencemaran Logam Berat Dalam Air Bawah Tanah

Logam berat umumnya mempunyai toksik dan berbahaya kepada organisma hidup, walaupun sebahagian daripadanya diperlukan dalam kuantiti yang kecil. Beberapa logam berat digunakan secara meluas dalam kepelbagaian kehidupan seharian. Toksik secara langsung serta tidak langsung dari bahan pencemar itu yang menjadi pencetus kepada pencemaran alam sekitar. Sekiranya kandungan logam berat sudah melebihi tahap yang ditentukan akan membahayakan kehidupan (Koestoer, 1995).

Menurut Alaerts (1984) air tawar mengandungi logam yang berasal dari pelepasan air sisa, hakisan, dan udara secara langsung. Air tawar mengandungi bahan bukan organik dan organik lebih banyak daripada air laut. Bahan ini mempunyai keupayaan untuk menyerap logam, supaya pencemaran logam di dalam air tawar adalah lebih mudah untuk berlaku.

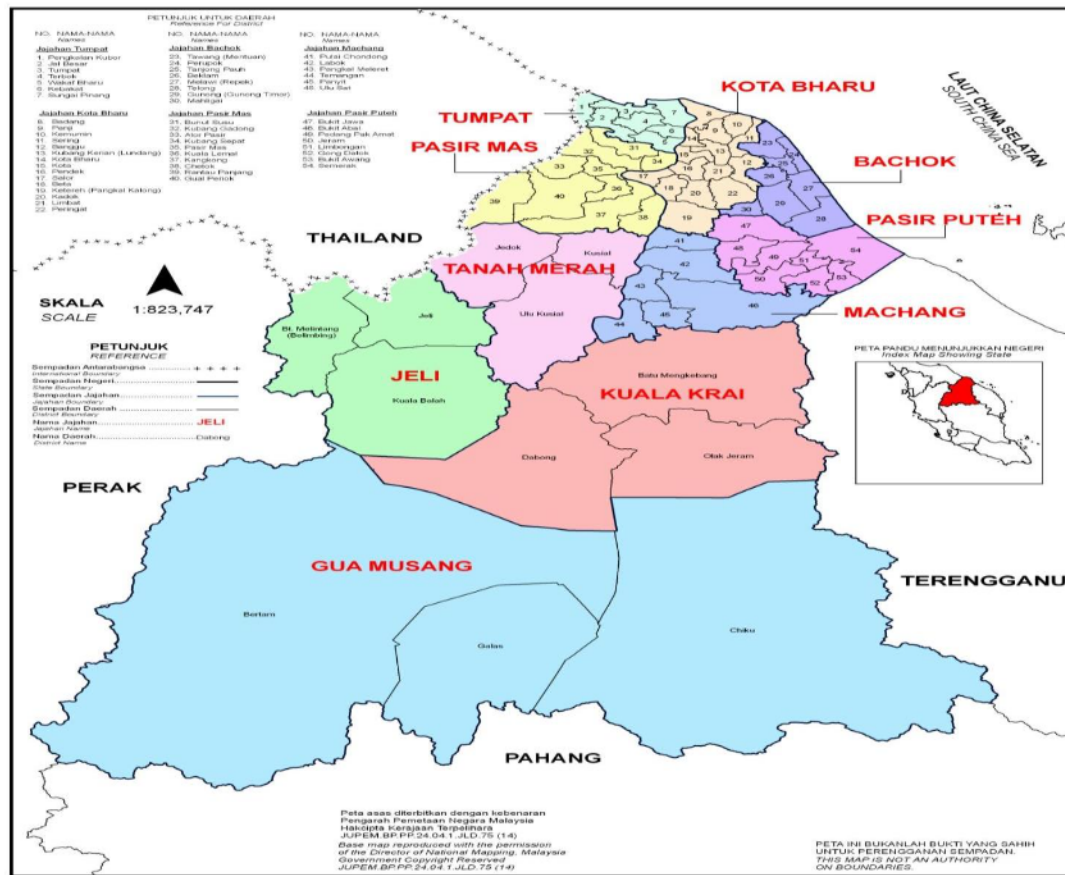
3. Metodologi

Kawasan Kajian

Kedudukan Negeri Kelantan terletak di bahagian Timur Laut Semenanjung Malaysia, bersempadan dengan Thailand di sebelah Utara, Negeri Perak di sebelah Barat, Negeri Terengganu di sebelah Timur dan Negeri Pahang di sebelah Selatan, serta Laut China Selatan terbentang di sebelah Timur Lautnya (Rajah 2).

Menurut Jabatan Perangkaan Malaysia 2016, jumlah penduduk bagi negeri Kelantan ialah seramai 1,810,400 orang yang merangkumi kaum Melayu, Cina, India dan lain serta bukan warganegara. Jumlah ini dijangka akan meningkat pada setiap tahun. Negeri Kelantan

mengalami iklim tropika yang baik, di mana hampir setiap tahun hujan turun dengan berselang-seli mengikut bulan tertentu dengan suhu harian dianggarkan lebih kurang 28 °C.



RAJAH 2. Peta Jajahan Negeri Kelantan

Sumber : Jabatan Perangkaan Malaysia 2010; Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia Bagi Negeri Kelantan Pada Tahun 2010.

Terdapat 8 buah stesen persampelan yang dipilih dalam kajian ini. 4 buah stesen bagi jajahan di Kota Bharu iaitu Kelab Golf & Desa Pengkalan Chepa, Eastern Garment MFG. Pengkalan Chepa, Kampong Jembal, dan Panji Landfill Kota Bharu. Manakala bagi 2 buah stesen di Bachok ialah SK Jelawat Bachok dan SMK Jelawat Bachok. Stesen selebihnya di Pasir Mas terletak di SMK Rantau Panjang dan Pasir Mas Landfill Kg. Pusu 40.

Pengumpulan Data

Data mentah berkaitan tahap kualiti air bawah tanah di negeri Kelantan. Data ini diambil telah telah dikumpul bagi melihat perubahan yang berlaku terhadap kualiti air bawah tanah di negeri Kelantan pada tahun 2010 hingga tahun 2011. Pengumpulan data yang berbentuk data sekunder ini diperoleh daripada Jabatan Alam Sekitar Negeri Kelantan. Data status kualiti air tanah ini telah diambil di lapangan oleh pihak JAS Negeri Kelantan atas dasar kerajaan iaitu bagi mengawasi tahap kualiti air bawah tanah di dalam negara.

Pengkaji telah memilih beberapa stesen lokasi kajian di negeri Kelantan bagi kajian ini dilakukan. Antara stesen yang dipilih adalah Kelab Golf & Desa Pengkalan Chepa, Eastern Garment MFG. Pengkalan Chepa, Kampong Jembal, Panji Landfill Kota Bharu, SK

Jelawat Bachok, SMK Jelawat Bachok, SMK Rantau Panjang dan Pasir Mas Landfill Kg. Pusu 40.

Kajian Perpustakaan

Kajian perpustakaan dilakukan bagi mendapatkan bahan rujukan asas berkaitan konsep dan teori, kajian-kajian lepas, beberapa data serta sumber-sumber lain. Kaedah ini melibatkan pengumpulan data yang berbentuk laporan iaitu berkaitan pencemaran, tahap kualiti air, serta maklumat sokongan lain yang diperolehi daripada jurnal, artikel, seminar, laporan, surat khabar dan sebagainya.

Rujukan berkaitan penyelidikan ini telah diperolehi daripada Perpustakaan Tun Sri Lanang Universiti Kebangsaan Malaysia. Rujukan bagi hasil kajian lepas juga banyak diperolehi daripada kajian perpustakaan tersebut. Kajian lepas ini penting sebagai rujukan kepada pengkaji dan dapat memberi gambaran awal berkaitan topik kajian yang ingin dijalankan.

Selain itu, bahan bacaan juga turut diperolehi daripada sumber elektronik seperti internet. Maklumat berkaitan profil kawasan kajian telah diperolehi daripada laman web rasmi contohnya seperti Laman Web Rasmi Pejabat Tanah Dan Jajahan Kota Bharu. Maklumat berkaitan data ini perlu iaitu bagi melihat tahap pembangunan guna tanah serta kaitannya terhadap kualiti air tanah.

Penganalisan Data

Data yang dikumpul dianalisis bagi melihat tahap perubahan mengikut tahun yang berlaku terhadap kualiti air bawah tanah. Penganalisan data juga dibuat menggunakan kaedah pengiraan min bagi setiap parameter pencemaran. Selain itu, data-data tersebut akan di klasifikasikan mengikut garis panduan yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (Jadual 1).

JADUAL 1. Garis Panduan Kebangsaan Bagi Kualiti Air Mentah Untuk Minuman
 (Semakan Disember 2000)

Parameter / Parameter	Simbol / Symbol	Unit / Unit	Had Piawai / Benchmark
Sulfat / Sulphate	SO ₄ ⁻	mg/l	250
Keliatan / Hardness	CaCO ₃	mg/l	500
Nitrat / Nitrate	NO ₃ ⁻	mg/l	10
Koliform / Total Coliform	-	MPN/100ml	Mesti tidak dikesan dalam sebarang 100ml sampel
Mangan / Manganese	Mn	mg/l	0.1
Kromium/ Chromium	Cr	mg/l	0.05
Zink / Zinc	Zn	mg/l	3
Arsenik / Arsenic	As	mg/l	0.01
Selenium / Selenium	Se	mg/l	0.01
Klorida / Chloride	Cl	mg/l	250
Sebatian Fenol / Phenolics	-	mg/l	0.002
Pepejal Terlarut / TDS	-	mg/l	1000
Besi / Iron	Fe	mg/l	0.3
Kuprum / Copper	Cu	mg/l	1.0
Plumbum / Lead	Pb	mg/l	0.01
Kadmium / Cadmium	Cd	mg/l	0.003
Merkuri / Mercury	Hg	mg/l	0.001

Sumber : Kementerian Kesihatan Malaysia, 2018

Berpandukan piawaian Garis Panduan Kebangsaan Bagi Kualiti Air Mentah Untuk Minuman, 2000 (NGRDWQ) dari Kementerian Kesihatan Malaysia bagi mendapatkan nilai penerimaan maksimum bagi menganalisis kandungan parameter-parameter dalam air minuman mentah yang diambil dari dalam tanah. Penilaian turut dibuat terhadap kualiti air tanah berdasarkan kepada nilai yang melebihi had piawai dalam Standard Kualiti Air Minum, dan Garis Panduan Air Minum Australia.

4. Dapatan dan Perbincangan

4.1. Menganalisis Perubahan Kualiti Air Bawah Tanah Akibat Penerobosan Air Laut Kadar kemasinan air bawah tanah

JADUAL 2. Kadar kemasinan air bawah tanah

No Stesen	LOKASI	SAL (ppt)		
		2010	2011	2012
1	Kelab Golf & Desa Pkln.Chepa.	0.06	0.08	0.04
2	Kampong Jembal Kota Bharu.	0.34	0.34	0.34
3	Eastern Garment MFG. Pkln.Chepa	0.40	0.41	0.50
4	Panji Landfill, Panji Kota Bharu	0.01	0.05	0.20
5	Sek.Men.Keb. Rantau Panjang	0.02	0.02	0.02
6	P.Mas Landfill, Kg.Pusu 40, P.Mas	1.29	1.18	1.25
7	Sek. Keb. Jelawat Bachok	0.06	0.05	0.05
8	Sek. Men. Keb. Jelawat Bachok	0.09	0.11	0.08

Jadual 2 menunjukkan perubahan kadar kemasinan (*salinity*), SAL air bawah tanah kesan penerobosan air laut pada tahun 2010 hingga tahun 2012. Kadar kemasinan yang paling tinggi adalah dicatatkan berlaku di stesen 6 iaitu di Pasir Mas Landfill, Kg. Pusu40, Pasir Mas sepanjang tiga tahu berturut-turut. Kadar kemasinan yang paling tinggi dicatat pada stesen yang sama pada tahun 2010 ialah 1.29 ppt. Berlaku penurunan dan kenaikan kadar kemasinan air bawah tanah pada stesen 6 dari tahun 2010 hingga tahun 2012. Hal ini menunjukkan air bawah tanah di kawasan tersebut telah dicemari akibat daripada aktiviti pelupusan sampah. Manakala bagi stesen 2 dan 3 bagi ketiga-tiga tahun juga menunjukkan kadar kemasinan yang agak tinggi walaupun masih dikategorikan sebagai air bersih. Hal ini berlaku adalah disebabkan telah berlakunya penerobosan air laut ke dalam air bawah tanah di kawasan tersebut. Manakala nilai yang paling rendah dicatat iaitu hanya 0.01 ppt adalah pada stesen 4 iaitu di Panji Landfill, Panji, Kota Bharu yang berlaku pada tahun 2010. Kadar purata min bagi bagi tahun 2010 dan 2011 adalah 0.28 manakala kadar purata bagi tahun 2012 adalah paling tinggi iaitu sebanyak 0.31. Berdasarkan Garis Panduan Air Minum Australia, air bersih adalah 0.5 ppt ke bawah, air marginal adalah 0.5 ppt hingga 1 ppt, air payau adalah 1 ppt hingga 2 ppt, air masin 2 ppt hingga 10 ppt, sangat masin 10 ppt hingga 35 ppt dan air garam adalah 35 ppt ke atas. Jelas menunjukkan terdapat pencemaran berlaku dimana kadar kemasinan berada pada kelas 1 ppt hingga 2 ppt iaitu pada tahap air payau.

Kadar Kepekatan Klorida

JADUAL 3. Kadar kepekatan klorida dalam air bawah tanah

No Stesen	LOKASI	CL (mg/l)		
		2010	2011	2012
1	Kelab Golf & Desa Pkln.Chepa.	26.00	24.00	35.00
2	Kampong Jembal Kota Bharu.	8.70	9.20	8.70
3	Eastern Garment MFG. Pkln.Chepa	300.00	290.00	2.40
4	Panji Landfill, Panji Kota Bharu	10.00	9.60	2.90

5	Sek.Men.Keb. Rantau Panjang	7.70	11.00	9.90
6	P.Mas Landfill, Kg.Pusu 40, P.Mas	330.00	100.00	100.00
7	Sek. Keb. Jelawat Bachok	11.00	9.20	13.00
8	Sek. Men. Keb. Jelawat Bachok	5.70	8.50	7.50

Jadual 3 menunjukkan kadar kepekatan jumlah klorida yang terkandung di dalam air bawah tanah bagi setiap stesen. Berdasarkan jadual menunjukkan kadar kepekatan klorida yang paling tinggi adalah pada tahun 2010 dan 2012 adalah sebanyak 330.0 mg/l dan 100.0 mg/l di stesen 6 iaitu di Pasir Mas Landfill, Kg. Pusu 40, Pasir Mas. Manakala kadar kepekatan klorida yang paling tinggi pada tahun 2011 adalah di stesen 3 iaitu di Eastern Garment MFG. Pkln.Chepa sebanyak 290.0 mg/l. Kadar kepekatan klorida yang paling rendah dicatat pada stesen 8 pada dua tahun berturut-turut 2010 dan 2011 iaitu 5.70 mg/l dan 8.50 mg/l. kadar klorida yang paling rendah bagi tahun 2012 iaitu hanya sejumlah 2.40 mg/l adalah di stesen. Kadar min purata kepekatan klorida bagi tahun 2010, 2011 dan 2012 adalah 87.39, 57.69 dan 22.43. Hal ini menunjukkan kualiti air bawah tanah telah dicemari klorida melebihi had piawaian bagi kualiti air mentah (NGRDWQ 2000) iaitu melebihi 250 mg/l berlaku pada tahun 2010 iaitu di stesen 3 dan 6 pada dan tahun 2011 dan stesen 3.

4.2 Menganalisis Kadar Kandungan Logam Berat

JADUAL 4. Tahap kandungan logam berat pada tahun 2010

No Stesen	Logam berat (mg/l)											
	Arsenik	Mercuri	Kadmium	Kromium	Kuprum	Besi	Plumbum	Mangan	Nikel	Zink	Antimoni	Selenium
1	0.0242	<0.0001	<0.0002	0.0004	0.0009	4.0500	0.0017	0.0398	<0.002	0.0138	<0.0008	0.0007
2	0.0151	<0.001	<0.0002	<0.0002	0.0012	0.5610	0.0023	0.0947	<0.002	0.0137	<0.0008	0.0011
3	0.0212	0.0001	<0.0002	<0.0002	0.0005	6.6400	0.0014	0.2930	0.0020	0.0064	<0.0008	0.0068
4	0.0005	<0.0001	<0.0002	<0.0002	0.0004	0.4000	0.0016	0.0436	<0.002	0.0067	<0.0008	0.0009
5	0.0002	<0.0001	<0.0002	<0.0002	0.0004	0.2030	0.0025	0.0222	<0.002	0.0077	<0.0008	<0.0005
6	0.0054	<0.0001	<0.0002	0.0007	0.0029	5.0500	0.0029	1.0000	0.0050	0.0112	<0.0008	0.0068
7	0.0005	<0.0001	0.0002	0.0009	0.0009	0.0720	0.0047	0.0780	<0.002	0.0077	0.0008	0.0010
8	0.0624	<0.0001	<0.0002	0.0013	0.0007	3.5300	0.0024	0.1050	<0.002	0.0106	0.0041	0.0012

JADUAL 5. Tahap kandungan logam berat pada tahun 2011

No Stesen	Logam berat (mg/l)											
	Arsenik	Mercuri	Kadmium	Kromium	Kuprum	Besi	Plumbum	Mangan	Nikel	Zink	Antimoni	Selenium
1	0.020	<0.0001	<0.0002	0.0037	0.0004	2.4800	0.0021	0.0306	<0.002	0.0061	<0.0008	<0.0005
2	0.0014	<0.0001	<0.0002	0.0026	0.0011	0.466	0.0032	0.0119	<0.002	0.0233	<0.0008	0.0013
3	0.0012	<0.0001	<0.0002	0.0022	0.0010	0.396	0.0039	0.0045	<0.002	0.0174	<0.0008	0.0014
4	0.002	<0.0001	<0.0002	0.0013	0.0004	1.400	0.0023	0.0994	<0.002	0.0212	<0.0008	<0.0005
5	0.0002	0.0001	<0.0002	0.0002	0.0006	0.6980	0.0022	0.0206	<0.002	0.0100	<0.0008	<0.0005
6	0.0047	<0.0001	<0.0002	0.0049	0.0013	3.2200	0.0033	0.221	0.0040	0.0117	<0.0008	0.0024
7	0.0007	0.0001	<0.0002	<0.0002	0.0011	0.1690	0.0027	0.107	<0.002	0.0104	<0.0008	0.0010
8	0.0055	0.0001	<0.0002	0.0011	0.0007	5.2800	0.0033	0.135	<0.002	0.0083	<0.0008	0.0008

JADUAL 6. Tahap kandungan logam berat pada tahun 2012

No Stesen	Logam berat (mg/l)											
	Arsenik	Mercuri	Kadmium	Kromium	Kuprum	Besi	Plumbum	Mangan	Nikel	Zink	Antimoni	Selenium
1	0.0074	<0.0001	<0.0002	0.0004	0.0009	3.660	0.0048	0.0436	0.004	0.0164	<0.0008	<0.0005
2	0.0151	<0.001	<0.0002	<0.0002	0.0012	0.5610	0.0023	0.0947	<0.002	0.0137	<0.0008	0.0011
3	0.0011	<0.0001	<0.0002	0.0003	0.0013	0.2150	0.0046	0.0064	<0.002	0.0071	<0.0008	0.0005
4	0.0002	0.0001	<0.0002	0.0003	0.0014	0.1850	0.0036	0.0113	<0.002	0.0136	<0.0008	<0.0005
5	0.0003	<0.0001	<0.0002	0.0019	0.0012	0.7550	0.0032	0.0255	<0.002	0.0571	<0.0008	0.0005
6	0.0024	0.0001	<0.0002	0.0213	0.0041	3.1300	0.0076	0.3470	0.0080	0.0120	<0.0008	0.0024
7	0.0005	0.0003	<0.0002	0.0019	0.0025	0.219	0.0117	0.0711	<0.002	0.0194	<0.0008	<0.0005
8	0.0085	<0.0001	0.0003	0.0037	0.0016	10.000	0.0055	0.431	0.012	0.0437	<0.0008	0.0008

Jadual 6 menunjukkan jumlah kandungan bagi parameter logam berat yang terdapat dalam air bawah tanah pada tahun 2010, 2011, dan 2012. Berdasarkan jadual mendapati kadar kandungan parameter logam berat adalah paling tinggi bagi ketiga-tiga tahun berbanding parameter yang lain. Pada tahun 2010, kandungan logam berat adalah sebanyak 6.64 mg/l di stesen 3. Manakala bagi tahun 2011 dan 2012 adalah 5.28 mg/l dan 10.0 mg/l masing-masing di stesen 8. Merujuk kepada (NGRDWQ) dan Standard Kualiti Air Minum mendapati parameter logam berat yang melebihi had piawaian yang telah ditetapkan iaitu 0.3 mg/l bagi ketiga-tiga tahun berikut dan juga logam berat lain adalah arsenik, plumbum, dan mangan. Kadar logam berat arsenik melebihi had piawaian 0.01 mg/l adalah tahun 2010 adalah di stesen 1,2,3, dan 8 serta stesen 1 dan stesen 2 bagi tahun 2011 dan 2012. Bagi logam berat plumbum pula yang melebihi had piawaian adalah pada tahun 2012 di stesen 7. Manakala logam berat mangan pula adalah di stesen 3, 6, dan 8 pada tahun 2010 dan tahun 2011 pula adalah di stesen 6,7 dan 8 serta tahun 2012 adalah di stesen 6 dan 8.

4.3 Perbincangan

Pengurusan Bagi Kemampunan Air Bawah Tanah

Isu kemerosotan kualiti air bawah tanah tidak harus dipandang mudah oleh semua pihak. Status kualiti air bawah tanah di negeri Kelantan didapati telah berlaku sedikit pencemaran akibat daripada beberapa aspek seperti penerobosan air laut dan aktiviti manusia. Pelaksanaan yang berkesan haruslah dijalankan bagi mengelak daripada pencemaran terus berlaku dan boleh menjadi semakin parah. Terdapat beberapa langkah pengurusan yang dicadangkan bagi tujuan mengurangkan tahap pencemaran air bawah tanah di Negeri Kelantan.

Antara langkah pengurusan adalah pengawalan gunatanah oleh Pihak Berkuasa Tempatan. Pembangunan guna tanah di negeri Kelantan yang semakin pesat mengkehendaki pihak berkuasa seperti Majlis Daerah perlu mengawal dan merancang penggunaan tanah seperti dengan membuat Pelan Struktur dan Pelan Tempatan. Sektor perindustrian harus dipantau pengoperasiannya dan mempunyai sistem pelupusan sampah dan rawatan air yang sistematik.

Selain itu, pemeliharaan dan pemuliharaan sumber air permukaan harus diterapkan dalam pentadbiran negara. Pemuliharaan sumber air ini merupakan langkah bijak yang boleh diambil iaitu dengan empangan, tadahan, loji perawatan serta sistem pengagihan yang lebih sistematik. Hal ini kerana pencemaran air permukaan akan memberi kesan terhadap air bawah tanah. Maka pemeliharaan dan pemuliharaan air permukaan ini penting dan tidak boleh diambil mudah. Semua pihak berkepentingan harus memikul tanggungjawab dalam melestarikan dan memulihara air permukaan.

Di samping itu, teknologi rawatan *in situ* boleh juga dilakukan dengan membuat peneutralan serta detoksifikasi. Perawatan ini dilakukan bagi meminimumkan pencemaran

yang berlaku terhadap air bawah tanah. Kaedah retakan pneumatik juga perlu dilaksanakan bagi merawat pencemaran *in situ* dengan formasi ketelapan rendah dan boleh digunakan pada kedalaman 50 kaki.

Kesimpulannya, krisis air bawah tanah yang semakin meruncing dan peningkatan suhu yang ekstrem menjadikan sumber air bawah tanah sebagai satu alternatif untuk mendapatkan bekalan air bersih. Jelas menunjukkan bahawa air bawah tanah mempunyai nilai komersial dan menyumbang kepada peningkatan kepada pengeluaran air bersih. Oleh itu semuapihak termasuk masyarakat harus menitikberatkan peraturan dan garis panduan yang telah ditetapkan oleh kerajaan dalam usaha memelihara sumber air bawah tanah dalam negara.

5. Rumusan dan Cadangan

Berdasarkan kepada keseluruhan kajian ini mendapati kualiti air bawah tanah di 3 buah jajahan di negeri Kelantan ini telah mengalami sedikit pencemaran akibat daripada beberapa aspek terutamanya akibat daripada aktiviti manusia. Hasil daripada penganalisan yang telah dibuat mendapati air bawah tanah di beberapa lokasi adalah berada pada kelas air payau. Aspek kualiti air bawah tanah amat penting kerana berupaya memberi kesan yang boleh memudaratkan kesihatan kepada pengguna.

Penggunaan air telaga tiub adalah merupakan amalan yang tidak dapat dipisahkan daripada sebahagian penduduk di negeri Kelantan. Namun begitu, pengekstraan yang berlebihan boleh menyebabkan kemerosotan tahap kualiti air bawah tanah tersebut. Justeru, pelaksanaan undang-undang untuk mengawal sumber air harus dilaksanakan dengan berkesan. Tindakan yang tegas harus juga diambil supaya dapat menjegah daripada kemerosotan kualiti air bawah tanah daripada terus berlaku akibat perbuatan manusia.

Kesimpulannya, hasil daripada kajian ini jelas menggambarkan berlaku kemerosotan terhadap sumber kualiti air bawah tanah di negeri Kelantan. Menyedari kepentingan sumber air sebagai bekalan minuman harian, maka pengurusan bersepadu amat penting dalam mengendalikan pengurusan sumber kualiti air bawah tanah.

Rujukan

- Alaert., G.(1984). Metode Penelitian Air. Usaha Nasional, Jakarta.
- Buku Data Asas Kelantan Darul Naim 2015/2016. (tidak diterbitkan)
- Committee on Valuing Ground Water. (1997). Valuing ground water: economic concepts and approaches. Washington, D.C. National Academy Press.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. (2010). Laporan Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 2010.
- Johnson, T. (2007). Battling Seawater Intrusion in the Central & West Coast Basins. Water Replenishment District of Southern California.
- Koester, Y. (1995). Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, Terjemahan dari Chemistry and Ecotoxicology of Pollution oleh D.W. Connel, UI Press, Jakarta.
- Miller, GT, Jr. (1979). Living in the Environment. 2nd Edition. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Mohd Harun bin Abdullah. (1995). Kualiti Air Tanah Pulau Sipadan Semporna, Sabah. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Noraini Amin. (1996). Impak Perindustrian Dan Pembuangan Domestik Ke Dalam Sungai Melaka: Satu Kajian Kes Tentang Kualiti Air. Latihan Ilmiah. Jabatan Geografi. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Odum, Eugene P. (1971). Fundamentals of Ecology. 3rd edition. Tokyo: Toppan Company, Ltd.

- Turt et.al. (1972). Ecology Pollution Environment Company. London: Philadelphia.
- Wan Suwaibah Binti Wan Ismail. (2013). Kualiti Air Bawah Tanah Di Kawasan Mukim Wakaf Bharu, Kelantan. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Zakaria Awang Soh. (1990).Pencemaran air: Satu Tinjauan Umum. Dalam Pembangunan dan alam sekitar di Malaysia: Isu dan pengurusannya. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.