

KAJIAN RETROSPEKTIF KUALITI AIR BUMI DI JAJAHAN  
KOTA BHARU, KELANTAN

MUHAMAD HANIF BIN AB.LLAH ZAWAWI

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian  
daripada syarat penganugerahan ijazah  
Sarjana Kejuruteraan (Awam)

Sekolah Kejuruteraan Awam  
Fakulti Kejuruteraan  
Universiti Teknologi Malaysia

SEPTEMBER 2020

## **DEDIKASI**

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Mengasihani

Kepada mama tersayang Hjh Hasnah Bt Mohamed, isteri tercinta Engku Husna Bt Engku Ismail dan anak yang dikasihi Muhamad Ashraf. Terima kasih atas dorongan dan galakan yang diberikan.

Alhamdulillah

## PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah S.W.T Yang Maha Kuasa atas keberkatan dan kemurahanNya, memberikan kekuatan dan kesabaran kepada saya sepanjang proses penyediaan kajian ini.

Saya mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Dr. Azmi Bin Aris, Pengarah di Jabatan Timbalan Naib Canselor UTM atas sokongan, nasihat dan tunjuk ajar yang diberikan. Terima kasih juga kepada En. Zahidi Bin Hamzah merupakan Geologis di Jabatan Mineral dan Geosains Kelantan yang turut membantu dalam memberikan data dan maklumat bagi menyempurnakan kajian ini.

Yang terpenting sekali dalam hidup saya, isteri tercinta Dr Engku Husna Bt Engku Ismail dan mama tersayang HjH Hasnah Bt Mohamed atas dorongan, pemahaman, kesabaran dan doa mereka yang berterusan. Kepada anak tersayang Muhamad Ashraf, terima kasih atas kesabaran serta Almarhumah Aleena Sofia walaupun dengan kehadirannya yang sementara di dunia ini tetap memberikan ingatan yang berkekalan sepanjang hayat.

Akhir sekali, terima kasih kepada kaum keluarga dan sahabat-sahabat seperjuangan dalam menghadapi cabaran dan dugaan bersama.

*Muhamad Hanif Bin Ab. Llah Zawawi*

## ABSTRAK

Kualiti air bumi yang bersih amatlah penting bagi penduduk di Kelantan. Ini disebabkan sumber air bersih terbesar bagi penduduk Kelantan selain dari bekalan air domestik adalah dari air bumi. Penjagaan serta pengurusan penggunaan air bumi yang baik dapat menjamin kualiti sumber air bumi kekal bersih. Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mengenal pasti trend kualiti air bumi, membuat perbandingan di antara kualiti air bumi dengan piawaian yang telah ditetapkan di dalam Standard Malaysia MS 2320:2010 kualiti air minuman dan piawaian kualiti air bagi pertanian. Ia juga bagi mengkaji hubung kait di antara kualiti air bumi dengan guna tanah persekitaran serta untuk mengetahui pengaruh Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya terhadap kualiti air bumi. Kajian ini adalah berdasarkan data-data yang diperoleh dari Jabatan Mineral dan Geosains Kelantan yang mana data-data tersebut adalah pada tahun 2010, 2014, 2015, 2016 dan 2018. Antara parameter kualiti air bumi yang diperoleh adalah pH, Jumlah Pepejal Terlarut (TDS), Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Klorida (Cl), Arsenik (Ar), Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Data-data ini seterusnya dianalisis secara statistik menggunakan perisian SPSS. Penghasilan trend kualiti air bumi berdasarkan tahun dapat membuktikan terdapat hubung kait antara beberapa parameter terlibat contohnya TDS dan Klorida. Perubahan monsun juga memberi kesan kepada perubahan kualiti air. Kajian ini mendapati terdapat tiga parameter yang signifikan terhadap monsun iaitu Arsenik, Mangan dan Silika. Secara keseluruhannya, kualiti air bumi di Jajahan Kota Bharu adalah baik di beberapa lokasi walaupun terdapat beberapa parameter yang melebihi Standard Malaysia MS 2320:2010 bagi Kualiti Air Minuman seperti di Pengkalan Chepa dan Tanjung Mas. Walaubagaimanapun air bumi tersebut masih boleh dirawat bagi membolehkan pematuhan kepada piawaian kualiti air minum seperti yang ditetapkan.

## ABSTRACT

Clean groundwater quality is very important for the people of Kelantan. This is because the largest source of clean water for the people of Kelantan apart from the domestic water supply is from groundwater. Care and management of good groundwater use can ensure the quality of groundwater resources remain clean. This study was conducted to identify the trend of groundwater quality, make a comparison between the quality of groundwater with the standards set in the Malaysian Standard MS 2320: 2010 drinking water quality and water quality standards for agriculture. It is also to study the relationship between groundwater quality and environmental land use as well as to find out the influence of Northeast Monsoon and Southwest Monsoon on groundwater quality. This study is based on the data obtained from the Department of Minerals and Geosciences Kelantan where the data are in 2010, 2014, 2015, 2016 and 2018. Among the parameters of groundwater quality obtained are pH, Total Soluble Solid (TDS), Nitrate (NO<sub>3</sub>), Chloride (Cl), Arsenic (Ar), Iron (Fe) and Manganese (Mn). These data are then analyzed statistically using SPSS software. The production of groundwater quality trends based on years can prove that there is a correlation between several parameters involved for example TDS and Chloride. Monsoon changes also affect water quality changes. This study found that there are three significant parameters for the monsoon, namely Arsenic, Manganese and Silica. Overall, the quality of groundwater in Kota Bharu District is good in some locations although there are some parameters that exceed the Malaysian Standard MS 2320: 2010 for Drinking Water Quality such as in Pengkalan Chepa and Tanjung Mas. However, the groundwater can still be treated to enable compliance with drinking water quality standards as set.

# ISI KANDUNGAN

	TAJUK	MUKASURAT
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>iii</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iv</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>vi</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	<b>viii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>x</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	<b>xiii</b>
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xiv</b>
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Latar belakang	1
	1.2 Pernyataan masalah	2
	1.3 Objektif kajian	3
	1.4 Skop kajian	3
	1.5 Limitasi kajian	4
<b>BAB 2</b>	<b>Tinjauan Literatur</b>	<b>5</b>
	2.1 Kitaran hidrologi	5
	2.2 Air bumi	6
	2.3 Kualiti air bumi	7
	2.3.1 Parameter fizikal	8
	2.3.2 Parameter kimia	9
	2.4 Piawaian kualiti air	12
	2.5 Permintaan air	14
	2.6 Pengaruh air masin terhadap air bumi	15

2.7	Perlindungan keatas kualiti air bumi	16
2.8	Kajian atau penyiasatan air bumi terdahulu di Kelantan	18
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>23</b>
3.1	Pengenalan	23
3.2	Tempoh kajian	23
3.3	Pengumpulan data	23
3.4	Lokasi telaga tiub	24
3.5	Analisis Statistik	26
<b>BAB 4</b>	<b>DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>27</b>
4.1	Trend parameter kualiti air	27
4.2	Perbandingan di antara kualiti air bumi terhadap piawai kualiti air minum dan air pertanian	44
4.3	Hubungan antara kualiti air bumi dengan guna tanah persekitaran (lokasi telaga tiub)	48
4.4	Pengaruh Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya terhadap kualiti air bumi	61
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>67</b>
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Cadangan	68
<b>RUJUKAN</b>		<b>69</b>

## SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKASURAT
Jadual 2.1	Piawaian kualiti air minuman	13
Jadual 2.2	Piawaian kualiti air bumi untuk kegunaan pertanian	13
Jadual 2.3	Lokasi loji rawatan air yang menggunakan air bumi	15
Jadual 2.5	Lokasi loji rawatan air yang menggunakan air bumi dan pengeluaran air yang dihasilkan	15
Jadual 4.1	Perbandingan nilai min parameter terhadap piawaian kualiti air minuman dan piawaian kualiti air pertanian	44
Jadual 4.2	Hubungan parameter fizikal air bumi dengan jenis lokasi	49
Jadual 4.3	Hubungan lokasi telaga air bumi dengan parameter fizikal air bumi	50
Jadual 4.4	Parameter kimia air bumi terhadap nilai p	53
Jadual 4.5	Parameter air bumi terhadap nilai p bagi perbezaan min pada monsun timur laut dan monsun barat daya.	62
Jadual 4.6	Parameter air bumi yang signifikan terhadap nilai p bagi monsun timur laut dan monsun barat daya.	64



## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKASURAT
Rajah 2.1	Kitaran hidrologi	5
Rajah 2.2	Akuifer tak terkurung dan akuifer terkurung	6
Rajah 2.3	Kemunculan air masin boleh disebabkan pengepaman air dari telaga dari lapisan air bumi.	17
Rajah 2.4	Kaedah penggunaan suntikan untuk membentuk kawasan bertekanan bagi mengelakkan pencerobohan air masin di akuifer pantai yang tidak terkawal	17
Rajah 2.5	Kaedah pengepaman telaga di garis pantai untuk membentuk sempadan antara air bersih dan air masin bagi menghalang pencerobohan air masin berlaku	18
Rajah 3.1	Lokasi kedudukan telaga tiub di Kelantan	25
Rajah 4.1	Trend bagi min konduktiviti	27
Rajah 4.2	Trend bagi min jumlah pepejal terlarut	28
Rajah 4.3	Trend bagi min kekeruhan	29
Rajah 4.4	Trend bagi min pH	30
Rajah 4.5	Trend bagi min Asrenik	31
Rajah 4.6	Trend bagi min Bikarbonat	32
Rajah 4.7	Trend bagi min Kalsium	33
Rajah 4.8	Trend bagi min Klorida	34
Rajah 4.9	Trend bagi min Kuprum	35
Rajah 4.10	Trend bagi min Ferum	36
Rajah 4.11	Trend bagi min Kalium	37

Rajah 4.12	Trend bagi min Magnesium	38
Rajah 4.13	Trend bagi min Mangan	39
Rajah 4.14	Trend bagi min Natrium	40
Rajah 4.15	Trend bagi min Nitrat	41
Rajah 4.16	Trend bagi min Sulfat	42
Rajah 4.17	Trend bagi min Zink	43
Rajah 4.18	Aktiviti di persekitaran telaga tiub	48
Rajah 4.19	Keratan rentas geologikal	49
Rajah 4.20	Min Konduktiviti lawan lokasi telaga air bumi	52
Rajah 4.21	Min Jumlah Pepejal Terlarut lawan lokasi telaga air bumi	53
Rajah 4.22	Min Arsenik lawan lokasi telaga air bumi	55
Rajah 4.23	Min Ferum lawan lokasi telaga air bumi	56
Rajah 4.24	Min Mangan lawan lokasi telaga air bumi	57
Rajah 4.25	Min Plumbum lawan lokasi telaga air bumi	58
Rajah 4.26	Min Klorida lawan lokasi telaga air bumi	59
Rajah 4.27	Min Nitrat lawan lokasi telaga air bumi	60
Rajah 4.28	Jumlah taburan hujan bulanan dari Tahun 2010 hingga Tahun 2020 dalam kawasan Lembaga Kemajuan Pertanian Kemubu (KADA).	61

## SENARAI SINGKATAN

AKSB	-	Air Kelantan Sendirian Berhad
JMG	-	Jabatan Mineral Dan Geosains
KADA	-	Lembaga Kemajuan Pertanian Kemubu
MESTECC	-	Kementerian Tenaga, Teknologi, Sains, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim
MS	-	Malaysia Standard
NTU	-	Nephelometric Turbidity Units
TDS	-	Jumlah Pepejal Terlarut
UTM	-	Universiti Teknologi Malaysia

## SENARAI SIMBOL

$\text{Na}^+$	-	Natrium
$\text{K}^+$	-	Kalium
$\text{Ca}^{2+}$	-	Kalsium
$\text{Mg}^{2+}$	-	Magnesium
$\text{Fe}^{2+}$	-	Besi / Ferum
$\text{NH}_4^+$	-	Ammonium
$\text{Cl}^-$	-	Klorida
$\text{SO}_4^{2-}$	-	Sulfat
$\text{As}^{3+}$	-	Arsenik
$\text{Pb}^{2+}$	-	Plumbum
$\text{Cu}^{2+}$	-	Kuprum
$\text{Mn}^{2+}$	-	Mangan
$\text{Zn}^{2+}$	-	Zink
$\text{HCO}_3$	-	Bikarbonat
$\text{NO}_3^-$	-	Nitrat
$\text{SiO}_2$	-	Silika

## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
Lampiran A	Data mentah yang diterima dari Jabatan Mineral & Geosains Kelantan, Malaysia.	73

# BAB 1

## PENGENALAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber yang amat bermakna di dunia ini. Tiada sumber lain yang lebih penting daripada sumber air. Kualiti air bersih serta mencukupi sangat penting bagi setiap individu, negeri mahupun negara. Air yang bersih amat diperlukan terutamanya sebagai sumber bagi minuman manusia. Tujuh puluh peratus daripada badan manusia adalah air. Hampir 5 % daripada air itu perlu diganti setiap hari untuk menyokong fungsi badan manusia. Ini menunjukkan betapa pentingnya air kepada manusia. Manakala di permukaan bumi, air meliputi sehingga 71 % iaitu terdiri dari lautan, sungai tasik dan sebagainya. Kajian dari Peter H. Gleick, 1993 menyatakan bahawasanya air bersih hanyalah 2.5% daripada jumlah air global. Dari jumlah air bersih ini, hanya 30.1% adalah merupakan air bumi. Ini menunjukkan air bumi hanyalah 0.75% dari jumlah air global.

Di Malaysia, dianggarkan terdapat kira-kira 5000 bilion m<sup>3</sup> simpanan air bumi yang tersedia manakala hanya kurang dari 2% simpanan yang ada sekarang telah digunakan (Azuhan, 1999). Kapasiti simpanan air bumi yang sangat besar tersebut sepatutnya sedikit sebanyak dapat membantu memenuhi permintaan air yang semakin meningkat. Walaubagaimanapun, di Kelantan, sejak sekian lama kebanyakan sumber air adalah diperoleh dari air bumi. Lebih kurang 70% daripada jumlah bekalan air di negeri ini berasal dari air bumi, terutamanya di Kota Bharu (Thamer Ahmed Mohammed, 2009). Bekalan air ini digunakan oleh penduduk setempat bagi kegunaan seharian serta pihak Air Kelantan Sendirian Berhad (AKSB) bagi tujuan pembekalan air domestik. Dengan adanya teknologi pada masa kini, proses bagi mendapatkan air bumi lebih mudah dan menjimatkan. Pembinaan telaga tiub merupakan salah satu alternatif bagi mendapatkan sumber air dari air bumi. Proses penggerudian dari permukaan tanah sehingga ke lapisan ekuifer air tertentu

dapat dibina dengan saiz paip yang berbeza-beza iaitu diantara 75mm sehingga 300mm diameter. Pada kebiasaannya, penduduk setempat membina telaga tiub dengan diameter 100mm yang boleh dipamkan airnya dari dasar sehingga ke permukaan melalui paip berdiameter 25mm sahaja.

Kajian ini dilakukan untuk mengenal pasti trend kualiti air bumi di Kota Bharu, Kelantan dari tahun 2010-2018; membuat perbandingan di antara kualiti air bumi dengan piawaian yang telah ditetapkan di dalam Standard Malaysia MS 2320:2010 - kualiti air minuman dan piawaian kualiti air bagi pertanian; Untuk mengetahui hubungan kualiti air bumi dengan guna tanah persekitaran; dan untuk mengetahui kesan perubahan Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya terhadap kualiti air bumi.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Pada tahun 1995, sekitar 98,000 m<sup>3</sup>/hari air bumi dipam dari lebih 60 telaga untuk memenuhi permintaan sekitar 30% penduduk Kelantan (Thamer Ahmed Mohammed, 2009). Pihak AKSB bertanggungjawab bagi memenuhi permintaan bekalan air bersih yang semakin lama semakin meningkat akibat dari pertambahan penduduk. Pihak AKSB menghadapi cabaran dalam membekalkan air bersih disebabkan kekurangan pusat loji rawatan air serta sumber bekalan air di permukaan yang semakin rendah.

Ketidakstabilan sumber bekalan air dan kualiti bekalan air domestik sering mengganggu kehidupan penduduk di Kelantan, terutama di Kota Bharu. Disebabkan bekalan air domestik yang sering terganggu, kebanyakan rakyat di Kota Bharu terpaksa mengambil inisiatif sendiri dengan mencari sumber air bumi iaitu melalui pembinaan telaga tiub bagi kegunaan kehidupan seharian. Walaubagaimanapun, sumber bekalan air bumi boleh tercemar sekiranya ianya diambil tanpa kawalan. Menyedari hakikat ini, maka kajian ini dilakukan yang diharap dapat memberi manfaat dan perkongsian serta rujukan bersama.

### **1.3 Objektif Kajian**

Kajian ini dijalankan untuk memenuhi objektif berikut:

1. Untuk mengenal pasti trend kualiti air bumi di Kota Bharu, Kelantan dari tahun 2010-2018.
2. Membuat perbandingan di antara kualiti air bumi dengan piawaian yang telah ditetapkan di dalam Standard Malaysia MS 2320:2010 - kualiti air minuman dan piawaian kualiti air bagi pertanian.
3. Untuk mengetahui hubungan kualiti air bumi dengan guna tanah persekitaran.
4. Untuk mengetahui kesan perubahan Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya terhadap kualiti air bumi.

### **1.4 Skop Kajian**

Kajian ini telah dilakukan di Jajahan Kota Bharu, Kelantan. Data diambil selama 5 tahun iaitu pada tahun 2010, 2014, 2015, 2016 dan 2018. Data kualiti air bumi ini diperoleh dari Jabatan Mineral dan Geosains Kelantan.

Bagi memenuhi piawaian yang telah ditetapkan di dalam Standard Malaysia MS 2320:2010 - Kualiti Air Minuman maka beberapa parameter telah diambil iaitu Konduktiviti, Kekeruhan, pH, Jumlah Pepejal Terlarut, Warna yang merupakan parameter fizikal manakala bagi parameter kimia ialah Natrium (Na), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Besi (Fe), Ammonium (NH<sub>4</sub>), Klorida (Cl), Sulfat (SO<sub>4</sub>), Arsenik (As), Plumbum (Pb), Kuprum (Cu), Mangan (Mn), Zink (Zn), Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>) dan Silika (SiO<sub>2</sub>).



## 1.5 Limitasi Kajian

Secara amnya kajian ini merangkumi beberapa limitasi. Pertama, ukuran sampel yang terhad mungkin tidak mewakili keseluruhan kualiti air bumi di Kota Bharu kerana sampel yang diambil hanya di empat puluh tujuh lokasi iaitu Loji Air Pengkalan Chepa (lima telaga), Loji Air Tanjung Mas (lapan telaga), Tangki Air Jalan Merbau (tiga telaga), Perol Booster (dua telaga), Loji Air Kubang Kerian (dua telaga), Loji Air Taman Guru (empat telaga), Kg Puteh (dua telaga) manakala Pusat Kesihatan Peringat, Kg Binjai, SK Kota Jembal, SK Pasir Hor, SK Seribong, Pasir Tumbuh, Kg Chicha, SK Rambutan Rendang, Loji Air Kg Chap, Medan Telaga Kg Telok, Kg Belukar Luas, Pendek, Kg Gondang, Kg Alor Jalar, Kg Padang Lembek, Kg Bukit Kecil, Kg Padang Raja, Kg Kor Kadok, Taman Binaraya Pasir Tumboh, Kg Perol dan Kg Hutan Buluh yang masing-masing hanya satu buah telaga sahaja. Walaubaimanapun, kaedah analisis secara konvensional adalah kompleks maka kaedah analisis statistik digunakan melalui pencarian min untuk semua parameter di lokasi serta tahun yang tertentu bagi memudahkan perbandingan dibuat.

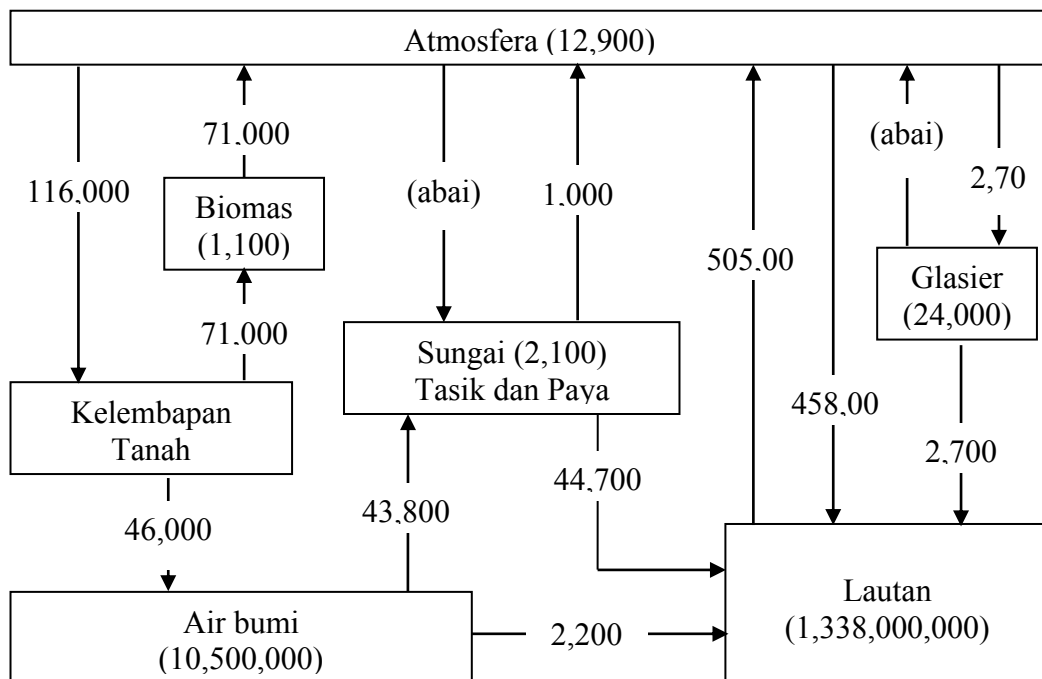
Kedua, retrospektif dengan ukuran sampel yang sederhana serta sampel hanya pada tahun tertentu sahaja yang diperolehi iaitu pada tahun 2010, 2014, 2015, 2016 dan 2018 manakala sampel pada tahun 2011, 2012, 2013 dan 2017 tidak dapat diperolehi. Namun, di sebalik keterbatasan dan waktu yang terhad ini, semoga kajian ini dapat memperoleh kesimpulan yang dapat diterima.

## BAB 2

### TINJAUAN LITERATUR

#### 2.1 Kitaran Hidrologi

Kitaran hidrologi adalah merujuk kepada pergerakan air yang berterusan sama ada di atas permukaan bumi ataupun di bawah permukaan Bumi yang akhirnya jumlah air di Bumi adalah sentiasa sama tetapi bentuk atau keadaannya sahaja yang berbeza. Berdasarkan Rajah 2.1, sekiranya dianggarkan air masuk menyusuri sungai hingga ke laut, masa air berada di sungai ialah  $(2,100 \text{ km}^3) / (44,700 \text{ km}^3/\text{tahun}) = 0.047 \text{ tahun} = 17 \text{ hari}$ . Maka dianggarkan masa air berada di sungai adalah lebih kurang dua minggu.



Unit dalam  $\text{km}^3$  dan  $\text{km}^3/\text{tahun}$ . Nombor bersama anak panah adalah kadar fluks dan kuantiti dalam kurungan adalah isipadu.

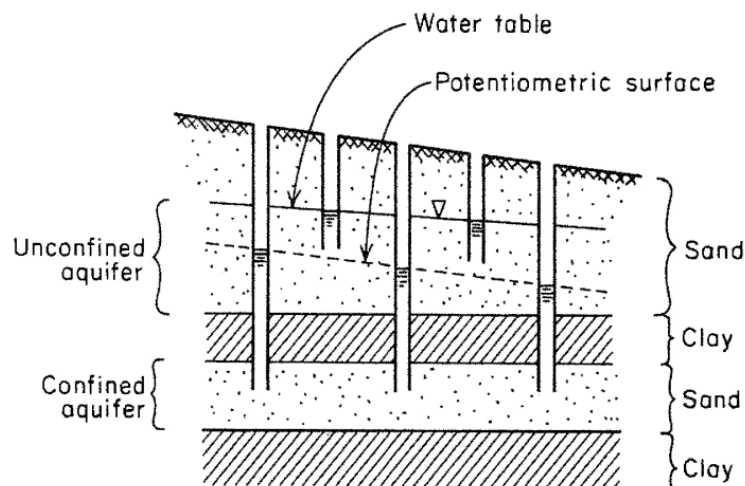
Rajah 2.1 Kitaran hidrologi. (Pinder et al, 2006)

Sebaliknya sekiranya mempertimbangkan komponen air bumi, purata masa air berada di dalam tanah adalah  $(10,5000,000 \text{ km}^3) / (46,000 \text{ km}^3/\text{tahun}) = 229$  tahun. Ini menunjukkan masa kediaman air di sesuatu keadaan adalah berbeza-beza.

Sekiranya berlaku pencemaran di air permukaan iaitu sungai, masa yang diambil boleh dikatakan sekejap sahaja untuk dibersihkan memandangkan air di sungai sentiasa mengalir dengan deras. Walaubagaimanapun, berbeza pula sekiranya pencemaran berlaku di air bumi, masa pergerakan air yang perlahan menyebabkan masa yang lebih lama diperlukan.

## 2.2 Air bumi

Air bumi adalah air yang terdapat di bukaan atau ruang pada tanah, pasir atau batu di dalam bumi. Merujuk Rajah 2.2, kawasan yang mana air telah memenuhi akuifer tersebut dikenali sebagai zon tepu. Ianya boleh didapati samaada di akuifer yang terkurung (confined aquifer) atau tidak terkurung (unconfined aquifer). Paras air bumi ini mungkin beberapa meter atau tersimpan beratus-ratus meter di bawah dari permukaan tanah.



Rajah 2.2 Akuifer tak terkurung dan akuifer terkurung (Freeze dan Cherry,1979)

Air di lapisan ini disimpan dan mengalir perlahan di antara lapisan pasir, tanah atau batu. Akuifer biasanya terdiri dari pasir, tanah, batu kerikil atau batu pecah seperti batu kapur. Bahan-bahan ini biasanya mempunyai ruang udara yang membolehkan air melaluinya. Lapisan ini juga mempunyai ruang yang saling berkaitan yang besar menjadikannya kalis air. Kelajuan aliran air bumi bergantung pada ukuran ruang di dalam tanah atau batu dan sejauh mana ia bersambung.

Paras air bumi mungkin dalam atau cetek kerana bergantung pada beberapa faktor. Antara faktor yang boleh mempengaruhinya ialah hujan lebat yang boleh menyebabkan permukaan air naik. Walaubagaimanapun, pengambilan air bumi yang terlalu banyak pada musim kemarau boleh menyebabkan penurunan paras air bumi.

Paras air bumi dapat ditingkatkan kembali atau diisi semula apabila terdapat air hujan yang menyerap masuk ke dalam akuifer. Taburan hujan tahunan yang tinggi di Malaysia iaitu dianggarkan 990 bilion m<sup>3</sup> diyakini tidak akan mempengaruhi proses pengisian semula air bumi. Air di akuifer boleh keluar dari tanah ke permukaan secara semula jadi melalui mata air atau tasik serta sungai.

Bagi menjaga kelestarian air bumi pemantauan berterusan mestilah dilakukan oleh pihak berkuasa untuk mencegah kejadian yang tidak diinginkan seperti pengambilan air bumi melebihi kadar pengisian semula, pencemaran sumber air bumi dan banyak lagi.

### **2.3 Kualiti air bumi**

Kualiti air bumi boleh di ukur melalui beberapa parameter yang berkaitan, antaranya adalah melalui parameter fizikal seperti konduktiviti, kekeruhan, pH dan jumlah pepejal terlarut (TDS) serta parameter kimia seperti Natrium, Kalium, Sulfat, Klorida, Arsenik, Ammonium, Nitrat, Kuprum, Ferum, Kalsium, Magnesium, Mangan, Plumbum dan Bikarbonat.

### 2.3.1 Parameter fizikal

Konduktiviti merupakan kemampuan air untuk mengalirkan arus elektrik. Ianya dinyatakan dalam unit  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Had yang diterima adalah 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Kekeruhan adalah penggantungan zarah-zarah di dalam air yang mengganggu perjalanan cahaya disebut kekeruhan. Kekeruhan disebabkan oleh pelbagai jenis pepejal terampai yang biasanya tidak dapat dilihat oleh mata kasar. Had yang boleh diterima dan dibenarkan adalah 5 NTU.

pH merupakan ukuran jumlah relatif ion hidrogen di dalam air (pH yang lebih tinggi menunjukkan kepekatan ion hidrogen yang lebih rendah). Tujuannya adalah bagi mengetahui samaada air itu berasid, neutral atau beralkali. Skala pH biasanya diantara 0 hingga 14. Julat nilai pH dari 7 hingga 14 bersifat alkali, dari 0 hingga 7 adalah berasid dan 7 adalah neutral. Nilai pH bagi air minuman adalah dari 6.5 hingga 9.

Bagi kajian yang dilakukan oleh Hashim et al. (2019) untuk kualiti air bumi di Jajahan Pasir Puteh, Kelantan. Mereka memperoleh bacaan sekitar 3.06 hingga 6.7 dan secara keseluruhan air bumi di kawasan kajian mereka adalah berasid.

Berbeza pula bagi kajian yang dilakukan oleh Hashim et al. (2020) bagi penilaian kualiti air bumi di Pulau Kapas, Terengganu. Kajian mereka menyatakan kebanyakan kawasan mencatatkan bacaan sekitar 7.22 hingga 7.85 iaitu dalam lingkungan alkali. Faktor yang mereka jangkakan adalah disebabkan oleh pengaruh dari air laut yang mempunyai pH yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pH bagi air tawar.

Jumlah Pepejal Terlarut (T.D.S) merupakan ukuran kandungan gabungan terlarut samaada organik dan bukan organik yang terdapat dalam air. Dalam sampel air juga dapat diperkirakan dari pengukuran konduktiviti. Had yang boleh diterima adalah 1,000 mg/L bagi air minuman manakala untuk air pertanian adalah 3,000 mg/L.

Dalam kajian yang dilakukan oleh Hashim et al. (2020) bagi penilaian kualiti air bumi di Pulau Kapas, Terengganu menyatakan nilai TDS di pengaruhi oleh kandungan kemasinan (SAL) yang terlarut di dalam air bawah tanah sehingga mencatatkan bacaan yang tertinggi sehingga 1495 mg/L ketika Monsun Timur Laut dan sedikit menurun iaitu 1404 mg/l ketika Monsun Barat Daya. Siti Fazilatul Husni dan rakan-rakan (2013) turut menyatakan fenomena hujan yang berlaku dapat mempengaruhi TDS disebabkan air hujan dapat melarutkan lebih banyak pepejal yang boleh larut di dalam air.

### **2.3.2 Parameter kimia**

Natrium (Na) atau Sodium adalah merupakan logam Alkali yang lembut, licin dan keperakan. Mudah terdapat dalam sebatian semula jadi terutama garam batu (NaCl) dan mineral tanah liat. Sekiranya lebih 50mg/L bahan terampai menyebabkan berbuih seterusnya mempercepatkan bentukan kerak atau skala dan hakisan pada dandang (boiler). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 200 mg/L.

Kalium (K) atau Potassium merupakan logam Alkali yang berwarna putih keperakan. Ianya seakan-akan Natrium (Na). Mudah teroksida dengan cepat diudara. Boleh terdapat pada mineral tanah liat. Sebagai contoh, Granit mengandungi 5% kalium. Sekiranya lebih 50mg/L bahan terampai menyebabkan berbuih seterusnya mempercepatkan bentukan kerak atau skala dan hakisan pada dandang (boiler). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 12 mg/L.

Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) merupakan sebahagian besar ion ini sangat larut dalam air, kecuali Kalsium sulfat, stonsium sulfat dan barium sulfat yang tak larut. Banyak ion sulfat dihasilkan melalui proses pengoksidaan bijihnya, gipsum dan ia juga terdapat dalam sisa industri. Sekiranya air mengandungi lebih 500mg/L Sulfat, air tersebut akan terasa pahit. Pengambilan sulfat yang tinggi juga boleh menyebabkan masalah kesihatan seperti cirit-birit yang teruk sehingga menjejaskan kandungan air dalam badan. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 250 mg/L manakala untuk pertanian adalah 1000 mg/L.

Klorida (Cl) boleh terdapat pada semua jenis air semula jadi dan mentah. Sumber utama adalah dari Batuan Sedimen (hakisan dan luluhawa) manakala sumber lainnya adalah dari Batuan Igneus (magma). Kandungan Klorida yang melebihi 100 mg/L dalam air akan terasa masin. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 250 mg/L.

Arsenik (As) biasanya digunakan untuk membuat racun perosak, pembuatan semikonduktor elektronik dan ubat sapu. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 0.01 mg/L manakala untuk pertanian adalah 0.1 mg/L. Keracunan arsenik kronik boleh mengakibatkan radang kulit, hiperkeratosis (penebalan, pengerasan dan keretakan telapak tangan dan tapak kaki), barah kulit dan penyakit hati (Appelo et al, 2005).

Ammonium (NH<sub>4</sub>) dan Nitrat ((NO<sub>3</sub>)) biasanya digunakan bagi membuat baja untuk tanaman (Ammonium Nitrat). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 1.5 mg/L untuk Ammonium. Manakala air yang mempunyai lebih 100 mg/L Nitrat akan terasa pahit dan boleh menyebabkan gangguan fisiologi serta memberi kesan terutama kepada bayi akibat sukar bernafas. Ianya menyebabkan pengurangan kebolehan darah untuk mengangkut oksigen. Manakala sejumlah kecil nitrat dapat membantu mengurangkan keretakan pada keluli dandang (boiler) bertekanan tinggi. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 10 mg/L manakala untuk pertanian adalah 100 mg/L.

Bagi kajian yang dilakukan oleh Hashim et al. (2019) untuk kualiti air bumi di Jajahan Pasir Puteh, Kelantan. Mereka memperoleh bacaan dari 0.17 mg/L dan 0.42 mg/L di lokasi B yang merupakan lokasi yang hampir dengan kawasan pertanian. Kejadian ini mungkin disebabkan penyerapan sisa baja di kawasan tanaman ke dalam bumi. Zani dan rakan-rakan (2010) turut menyatakan bahawa nilai ammonium nitrat yang tinggi diperoleh hasil dari pembebasan baja, najis haiwan dan kumbahan domestik ke sungai melalui larian permukaan semasa hujan dan seterusnya menyerap ke aliran air bumi sehingga mempengaruhi kualiti air di kawasan sekitar.

Dalam kajian yang dilakukan oleh Hashim et al. (2020) bagi penilaian kualiti air bumi di Pulau Kapas, Terengganu pula menyatakan air bumi telah mengalami pencemaran akibat daripada aktiviti pelancongan iaitu disebabkan oleh sistem pengurusan sisa kumbahan yang tidak diuruskan dengan baik. Ini seterusnya menyebabkan berlaku peningkatan bacaan bagi ammonium nitrat di kawasan kajian mereka.

Kuprum (Cu) merupakan pengalir haba dan elektrik yang sangat baik. Ia biasa digunakan sebagai pengalir elektrik dan kilat pada pembinaan bangunan. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 1 mg/L manakala untuk pertanian adalah 0.2 mg/L.

Ferum (Fe) biasanya terdapat pada Batuan Igneus (contoh Ferus Sulfat) dan Batuan Batupasir. Sekiranya Ferum melebihi 0.1 mg/L akan terbentuk mendakan setelah terdedah kepada udara dan biasanya akan melekat pada saluran paip, cucian dan peralatan memasak. Ianya juga boleh memberikan rasa dan warna yang tidak menyenangkan kepada makanan dan minuman. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 0.3 mg/L.

Kalsium (Ca) boleh dijumpai dari sumber secara semula jadi seperti pada mineral tanah liat, kalsit, aragonit and dolomit. Pergabungan kalsium dengan bikarbonat, karbonat, sulfat dan silika boleh membentuk kalis haba, paip tersumbat dan kerak atau skala pada dandang (boiler). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 200 mg/L.

Magnesium (Mg) merupakan sumber secara semula jadi yang boleh terdapat pada mineral tanah liat, dolomit and magnesit. Pergabungan magnesium dengan bikarbonat, karbonat, sulfat dan silika boleh membentuk kalis haba, paip tersumbat dan kerak atau skala pada dandang (boiler). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 150 mg/L.



Mangan (Mn) yang biasanya terdapat dalam air secara semula jadi berkemungkinan berasal dari tanah, batuan Metamorfik dan sedimen batuan. Sekiranya Mangan melebihi 0.2 mg/L akan terbentuk mendakan setelah teroksida dan biasanya akan melekat pada saluran paip, cucian dan makanan semasa memasak. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 0.1 mg/L manakala untuk pertanian adalah 0.2 mg/L. Pendedahan kepada kandungan yang banyak boleh menyebabkan sindrom "Manganism" iaitu pesakit akan mengalami sakit sendi serta anaroksia (WHO, 2006)

Plumbum (Pb) merupakan logam lembut dan mudah ditempa. Dalam bentuk cecair, ianya bewarna perak berkilau. Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 0.01 mg/L.

Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) boleh terdapat secara semula jadi pada batu kapur dan dolomit. Pergabungan bikarbonat dan bahan alkali (Kalsium dan Magnesium) boleh menyebabkan paip tersumbat dan kerak atau skala pada dandang (boiler). Had yang dibenarkan bagi air minuman adalah 500 mg/L.

## **2.4 Piawaian kualiti air**

Status kualiti air minum ditentukan berdasarkan Malaysian Standard yang dikeluarkan oleh Jabatan Standard Malaysia yang merupakan badan standard kebangsaan dan akreditasi Malaysia. Berdasarkan Jadual 2.1, parameter yang berkaitan adalah seperti berikut :

Jadual 2.1 Piawaian kualiti air minum (MS 2320, 2010)

Parameter	Piawai (maksimum nilai yg dibenarkan)	Parameter	Piawai (maksimum nilai yg dibenarkan)
Turbidity	5 NTU	Klorida, Cl <sup>-</sup>	250 mg/L
pH	6.5 - 9.0	Arsenik, As <sup>3+</sup>	0.05 mg/L
Warna	15 TCU	Ammonium, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5 mg/L
Bau	-	Kuprum, Cu <sup>2+</sup>	1.0 mg/L
Rasa	-	Ferum, Fe <sup>2+</sup> / Fe <sup>3+</sup>	0.3 mg/L
TDS	1000 mg/L	Kalsium, Ca <sup>2+</sup>	200 mg/L
Natrium, Na <sup>2+</sup>	200 mg/L	Magnesium, Mg <sup>2+</sup>	150 mg/L
Kalium, K <sup>+</sup>	12 mg/L	Mangan, Mn <sup>2+</sup>	0.1 mg/L
Sulfat, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	400 mg/L	Plumbum, Pb <sup>2+</sup>	0.03 mg/L
Nitrat, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10 mg/L	Hardness Value (CaCO <sub>3</sub> )	500 mg/L

Berdasarkan standard dan indeks kualiti air bumi Malaysia bagi kegunaan pertanian telah dikeluarkan pada 2019 oleh Kementerian Tenaga, Teknologi, Sains, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (MESTECC) adalah berdasarkan *Canadian Environmental Quality Guidelines. Parameter*. Merujuk Jadual 2.2, parameter yang berkaitan adalah seperti berikut :

Jadual 2.2 Piawaian kualiti air bumi untuk kegunaan pertanian (MESTECC, 2019)

Parameter	Standard (maksimum nilai yg dibenarkan)	Kegunaan
Aluminium	5 mg/L	Pertanian
Arsenik	0.1 mg/L	Pertanian
Kadmium	0.01 mg/L	Pertanian
Kromium	0.1 mg/L	Pertanian
Kuprum	0.2 mg/L	Pertanian
Mangan	0.2 mg/L	Pertanian

<b>Parameter</b>	<b>Standard (maksimum nilai yg dibenarkan)</b>	<b>Kegunaan</b>
Nikel	0.2 mg/L	Pertanian
Natrium	3.0 me/L* (SAR <sup>1</sup> < 3)	Pertanian
Klorida	4.0 me/L	Pertanian
Zink	2.0 mg/L	Pertanian
Boron	0.7 mg/L	Pertanian
Konduktiviti	700 $\mu$ s/cm	Pertanian
Nitrat & Nitrit	100 mg/L	Penternakan
Sulfida	1,000 mg/L	Penternakan
TDS	3,000 mg/L	Penternakan

## 2.5 Permintaan air

Air merupakan keperluan hidup manusia, 'keperluan air minimum' tidak bergantung pada gaya hidup dan budaya ianya adalah untuk menjaga kelangsungan hidup manusia. Untuk mengekalkan keseimbangan air dalam badan manusia, jumlah air yang hilang melalui aktiviti normal mesti digantikan secara berkala. Walaupun jumlah air yang diperlukan untuk mengekalkan kelangsungan hidup bergantung pada keadaan persekitaran sekitar dan ciri-ciri fisiologi peribadi, kebolehubahan keseluruhan keperluannya agak kecil.

Keperluan air minimum untuk penggantian cecair telah diperkirakan sekitar 3 liter sehari dalam keadaan iklim sederhana. Apabila iklim dan tahap aktiviti diubah, keperluan air minimum harian ini perlu ditingkatkan. Dalam iklim panas, manusia seberat 70 kilogram akan berpeluh antara 4 dan 6 liter sehari tanpa perubahan yang ketara dalam pengambilan makanan atau aktiviti.

Keperluan minimum air untuk kelangsungan hidup manusia di bawah iklim beriklim biasa dengan aktiviti normal boleh ditetapkan pada tiga liter sehari. Memandangkan populasi yang besar tinggal di iklim tropika, perlu meningkatkan jumlah minimum ini menjadi sekitar 5 liter per orang sehari atau di bawah 2 meter padu setiap orang per tahun (Gleick, 1996).

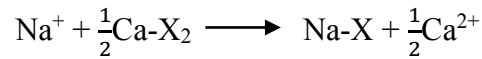
Semakin lama, semakin meningkat pertambahan penduduk dan semakin tinggi permintaan bagi keperluan asas seperti sumber air. Jadual 2.3 menunjukkan jumlah air yang dihasilkan dari loji rawatan air di Kota Bharu yang menggunakan air bumi.

Jadual 2.3 Lokasi loji rawatan air yang menggunakan air bumi (AKSB, 2020)

Jajahan	No.	Loji Rawatan	Tahun Dibina	Sumber (Intake)	Kapasiti Rekabentuk (m <sup>3</sup> /hari)	Pengeluaran (m <sup>3</sup> /hari)
Kota Bharu	1	Kg Puteh	1985	Telaga Tiub	45,000	46,788
	2	Chicha	2003	Telaga Tiub	60,000	66,898
	3	Tg Mas	1985	Telaga Tiub	10,000	11,818
	4	Pintu Geng	1970	Telaga Tiub	30,000	13,111
	5	Perol		Telaga Tiub	7,500	5,434
Jumlah					152,500	66,898

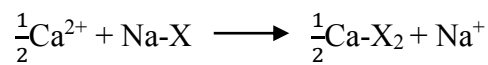
## 2.6 Pengaruh air masin terhadap air bumi

Komposisi air bawah di kawasan pesisir biasanya didominasi oleh ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  yang terhasil daripada Kalsit yang terlarut. Penukaran kation kemudiannya di monopoli oleh  $\text{Ca}^{2+}$  yang diserap.  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  merupakan ion yang dominan dalam air laut dan sedimen yang bersentuhan dengan air laut memiliki  $\text{Na}^+$ . Apabila air laut memasuki (intrudes) ke dalam akuifer air tawar di kawasan pesisir, berikut merupakan pertukaran kation yang berlaku :



\* X = penukar tanah

Dalam tindak balas,  $\text{Na}^+$  diambil oleh penukar dan  $\text{Ca}^{2+}$  dilepaskan. Disebabkan dalam air laut  $\text{Cl}^-$  merupakan anion yang dominan dan jumlahnya tetap sama. Maka kualiti air berubah dari  $\text{NaCl}$  ke air jenis  $\text{CaCl}_2$ . Proses berbalik berlaku sebagaimana berikut :



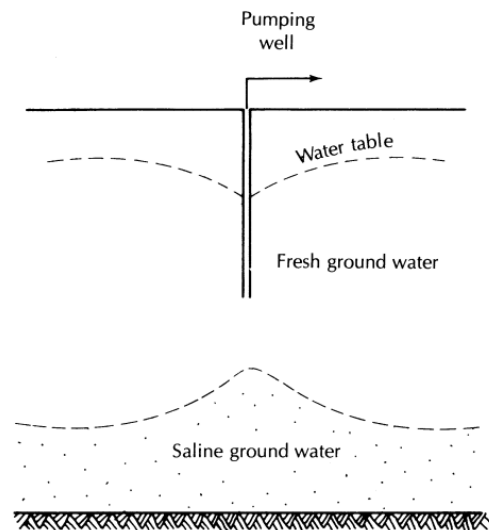
## 2.7 Perlindungan keatas kualiti air bumi

Antara aspek terpenting dalam pengurusan air bumi adalah perlindungan kualiti air bumi di akuifer. Terdapat beberapa jenis pencemaran yang boleh menjejaskan kualiti air bumi. Antara sumber pencemaran adalah tempat pembuangan sampah, kebocoran tangki septik, kawasan perlombongan, kawasan pertanian serta pencerobohan air masin.

Pencerobohan air masin boleh berlaku sekiranya pengepaman air telaga yang berhampiran dengan pesisir pantai di lakukan dengan kerap serta kuantiti yang banyak. Pengepaman air di akuifer pesisir yang terlampau banyak boleh menyebabkan perubahan garis pemisahan antara air tawar dan air masin (Fetter.Jr., 2014).

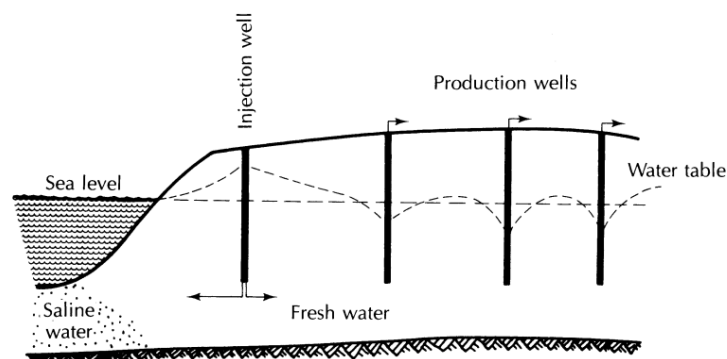
Rajah 2.3 menunjukkan kemunculan air masin boleh berlaku disebabkan pengepaman air bumi yang drastik di kawasan pesisir. Sekiranya air dipam secara berterusan, paras air masin boleh meningkat sehingga paras kemasukan air masin di telaga. Fenomena ini dikenali sebagai *upconing*. Akuifer seperti ini meliputi hingga dua pertiga dari kawasan daratan Amerika Syarikat sehingga menyebabkan masalah

pencerobohan dan pendakian air masin tidak terhad kepada kawasan pesisir sahaja (Fetter.Jr., 2014).



Rajah 2.3 Kemunculan air masin boleh disebabkan pengepaman air dari telaga dari lapisan air bumi. (Fetter.Jr., 2014)

Rajah 2.4 dan rajah 2.5 adalah merupakan salah satu dari beberapa kaedah yang disarankan di dalam buku *Applied Hydrogeology* hasil tulisan C.W.Fetter Jr. bagi pencegahan air masin memasuki ke kawasan air tawar di dalam tanah. Rajah 2.5 menunjukkan kaedah penggunaan telaga suntikan untuk mewujudkan kawasan yang bertekanan tinggi bagi mengelakkan pencerobohan air masin memasuki ke kawasan air tawar.



Rajah 2.4 Kaedah penggunaan suntikan untuk membentuk kawasan bertekanan bagi mengelakkan pencerobohan air masin di akuifer pantai yang tidak terkawal.(Fetter.Jr., 2014)

Rajah 2.5 memaparkan kaedah pengepaman telaga di garis pantai bagi membentuk sempadan antara air bersih dan air masin. Telaga ini mengepam air bumi dan mengalirkan ianya kembali ke laut. Pencerobohan air masin juga dapat dicegah dengan mengatur jarak dan pengepaman air dari telaga di kawasan yang berhampiran pesisir.

Rajah 2.5 Kaedah pengepaman telaga di garis pantai untuk membentuk sempadan antara air bersih dan air masin bagi menghalang pencerobohan air masin berlaku.(Fetter.Jr., 2014)

## **2.8 Kajian atau penyiasatan air bumi terdahulu di Kelantan.**

Pada tahun 1974 hingga 1977, penyelidikan sistematik dilakukan oleh Gevey Survey Department (GSD) dengan bantuan profesional dari Misi Penyiasatan Hidrogeologi Jerman, yang meliputi kawasan aluvial pesisir di Kelantan. Selepas itu, terdapat satu lagi projek yang dilaksanakan semasa Rancangan Malaysia Ketiga (1976-1980), yang telah dilaksanakan di negeri-negeri Kelantan, Terengganu, Pahang, Kedah dan Perlis, yang juga telah berjaya dilaksanakan oleh GSM bersama-sama Misi Hidrogeologi Jerman. Sebelumnya, Chong dan Pfeiffer (1975) telah menghasilkan peta hidrogeologi Semenanjung Malaysia pada skala 1: 500,000. Pada tahun 1986, Chong dan Tan telah melakukan satu siri aktiviti hidrogeologi 32 di Semenanjung Malaysia (Chong dan Tan, 1986). (Chong et al, 1976) meliputi kawasan Jajahan Tumpat, salah satu kawasan di Lembangan Sungai Kelantan Utara. Kajian ini menyimpulkan bahawa sejumlah besar sumber air bumi yang dapat

dieksploitasi dari sejumlah telaga di kawasan yang disiasat akan dapat memenuhi permintaan bagi Jajahan Tumpat. Ianya yang terdiri dari empat lapisan akuifer utama yang terdapat dalam urutan aluvial Quaternary, juga dikenal seperti akuifer pertama, kedua, ketiga, dan keempat.

Sementara itu, penyelidikan Sidhu dan Pfeiffer (1976) menyatakan pembinaan dua telaga di akuifer pertama untuk membekalkan kampung Pengkalan Kubor di tebing barat. Pada tahun 1977, Pfeiffer dan Sidhu mendapati bahawa keperluan 3.0 MI/d untuk membekalkan air bumi untuk skim bekalan air di Wakaf Bharu. Ang dan Kwan (1980) juga telah melakukan penyelidikan hidrogeologi mengenai potensi air bumi dataran aluvial di sebelah barat Sungai Kelantan. Mereka mendapati sejumlah besar telaga air telah dibina semasa penyelidikan ini menggunakan air bumi dari akuifer pertama dan kedua untuk skim bekalan air luar bandar. kajian ini mempunyai sumbangan yang signifikan mengenai pemahaman yang luar biasa mengenai ciri hidrogeologi lokasi ini.

Mohd. Nazan (1985) dan Abdul Rashid (1989) kedua-duanya telah membuat penyelidikan hidrogeologi mengenai potensi air bumi dari akuifer cetek. Sementara itu, berdasarkan penyelidikan yang tertumpu di sekitar kawasan Kota Bharu, Chong et al. (1974) mendapati bahawa di tebing timur Lembangan Sungai Kelantan, untuk skema bekalan air di daerah Kota Bharu dan Kubang Kerian, ketebalan akuifer pertama dijumpai di antara 15m hingga 18 m, dilapisi oleh 1.2m hingga 1.5m dari lapisan tanah liat. Akuifer kedua hanya setebal 3m pada kedalaman 27m hingga 30m dan ketebalan akuifer ketiga yang mungkin menutup batu granit tidak diketahui, tetapi dipercayai setebal sekurang-kurangnya 15m. Terdapat lapisan lumpur dan tanah liat yang nipis yang memisahkan antara ketiga-tiga akuifer.

Terdapat kajian yang dilakukan oleh Ang dan Kwan (1978) di kawasan berpotensi air bumi di Kampung Panji, Kota Bharu. Mereka mendapati bahawa akuifer pertama terdiri daripada lapisan kelodak dan tanah liat yang tidak telap atau semi telap dengan ketebalan 20m hingga 34m dari akuifer pertama adalah dari 8m hingga 30m, sementara akuifer kedua setebal 10m. Ketebalan akuifer ketiga lebih dari 30m. Nilai keliangan dari ujian yang dilakukan dari sampel akuifer pertama dan kedua berkisar antara julat 14.5% hingga 15.5%. Penyiasatan oleh Abdul Rashid (1989) mengenai



penyambungan lateral akuifer pertama di Kampong Puteh Jajahan Kota Bharu, dan karya selanjutnya oleh Doll Said (1984), mendapati bahawa terdapat bekalan air bumi yang mencukupi untuk komuniti kecil yang menggunakan 38mm diameter telaga tiub dari akuifer pertama dengan ketebalan 2m hingga 3m.

Khoo (1979) telah menyiasat mengenai penggunaan isotop dengan menggunakan isotop radio dalam kajian air bumi di Kelantan. Bina Runding Sdn. Bhd. (1986) telah mengetahui bahawa ancaman utama yang dikenal pasti adalah pencerobohan air masin dari Laut China Selatan dan potensi pencemaran dari pembangunan bandar dan perindustrian seperti industri batik di sekitar kawasan Tanjung Mas.

Sedangkan dalam kajian serupa yang dilakukan oleh Noor (1980) mengenai sejauh mana penyebaran akuifer di Dataran Pesisir Kelantan, telah diperhatikan bahawa sumber air bumi dan panduan untuk penyebarannya dan urutan besarnya untuk menjadi asas bagi pengembangan sumber air bumi serantau . Oleh itu, model hidrogeologi telah dibina dan disahkan, yang dapat memberikan penilaian awal mengenai potensi air bumi di kawasan yang dikaji. Dia juga mendapati bahawa lembangan Sungai Kelantan adalah dataran akuifer yang sangat mudah dihantar tetapi anisotropik yang sebahagian besarnya merupakan lapisan yang tidak terkurung.

Penilaian Impak Alam Sekitar (EIA) yang dilakukan oleh Sepakat Setia Perunding (1990) di Kelantan Utara, mendapati bahawa akuifer cetek dapat menyediakan sumber air bumi yang paling murah dari segi kos pembinaan dan operasi. Mereka juga telah mengenal pasti kemungkinan kesan jangka panjang yang merugikan dari eksploitasi air bumi tambahan. Kesan yang pertama, kemungkinan berlakunya pengeringan air telaga domestik dan pertanian yang sedia ada melalui penurunan permukaan air bumi. Kesan yang kedua adalah dengan menurunnya air bumi akan menyebabkan penurunan permukaan tanah. Kesan yang ketiga adalah pergerakan dalaman antara muka air tawar / air masin dan pendedahan kepada kebocoran menegak air bumi di antara pelbagai lapisan akuifer. Kebocoran menegak juga boleh memindahkan pencemaran dari akuifer yang pertama hingga ke akuifer yang lebih dalam.

Nawang (1988) telah menyiasat mengenai hubungan sungai dan akuifer di Kelantan Utara, yang mendapati pengisian semula dari sungai ke akuifer bervariasi dari 0 hingga maksimum 8,54 m<sup>3</sup>/hari per meter lebar Sg. Sungai Kelantan. Isi ulang berbeza dengan paras air sungai dan permukaan air bumi di akuifer. Sementara itu, Awadalla dan Noor (1988) telah memulai model digital untuk mengkaji anggaran nilai pengisian semula ke zon tepu sepanjang akuifer. Mereka telah menghasilkan model air bumi berangka dua dimensi pada tahun 1989 untuk simulasi pembangunan air bumi semasa dan masa depan kawasan berkaitan. Pada tahun 1990, Nawang dan Kishi telah membuat model antara muka air tawar dan air masin dengan menggunakan kaedah Galerkin elemen terhingga untuk menyiasat kemungkinan pencerobohan air masin yang berpunca daripada pengaliran air bumi dari akuifer ketiga di Tanjung Mas. Dalam kajian tersebut menyatakan bahawa terdapat perbezaan waktu yang signifikan antara penurunan permukaan air dan pergerakan antara muka air tawar / air masin, dengan antaramuka bertindak balas dengan sangat perlahan. Pengambilan 11,000m<sup>3</sup>/hari mengakibatkan penurunan paras air yang cepat, tetapi bahagian muka antara air tawar / masin bergerak ke pedalaman (hulu) hanya sejauh 250m - 500m selama 30 tahun.

## RUJUKAN

- Abdul Rahim Samsudin, Haryono, Umar Hamzah, Abdul Ghani Rafek. (1997) Salinity study of coastal groundwater aquifers in north Kelantan, Malaysia. Annual Geological Conference. Bulletin of the Geological Society of Malaysia, No. 41, December 1997. pp. 159-165.
- Ahmad, S., Kutty, A., Raji, F., Saimy, Intan S., (2015). Water quality classification based on water quality index in Sungai Langat, Selangor, Malaysia. Jurnal Teknologi. 77. 10.11113/jt.v77.6881.
- Antonopoulos, V., Papamichail, D., Mitsiou, KA. (2015). Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon River in Greece. Hydrology and Earth System Sciences. 5. 10.5194/hess-5-679-2001.
- Appelo, C.A.J., Postma, D., (1993). Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A. Balkema, Rotterdam (pp. 536)
- Chaurasia, G., Chaurasia, Singh, S., Singh, S., Singh, M., Gupta, N., Shukla, K., Tandon, P., (2015). Water quality index and correlation study for then assessment of ground water quality of Allahabad City. 1. 71-76. 10.18510 / gctl.2015.1111.
- Choudhary, R., Rawtani, P., Vishwakarma, M., (2011). Comparative study of Drinking Water Quality Parameters of three Manmade Reservoirs i.e. Kolar, Kaliasote and Kerwa Dam. Current World Environment. 6. 145-149.10.12944 / CWE.6.1.21.
- C.W.Fetter.Jr., 4th Edition. (2014). Applied Hydrogeology. page 427-84
- FOMCA, (2009) WECAM dan Forum Air Malaysia. Laporan Kajian bagi Projek Pembangunan Sumber Air Bawah Tanah di Batang Padang, Perak Darul Ridzuan : Satu Peringatan kepada Malaysia.
- Government of Malaysia (GOM), (2012.). National Water Resources Policy. Ministry of Natural Resources and Environment.
- Hashim, M., Ahmad, A. W., Nayan, N., Said, Z. M., Mahat, H., Saleh, Y., Koh Liew See. (2020). Penilaian Kualiti Air Bawah Tanah Berdasarkan Indeks Kualiti Air Di Pulau Kapas, Terengganu. E-BANGI Journal, 17(6), 19–34.

- Hashim, M., Nor, S., Nayan, Nasir., Mahat, Hanifah., Saleh, Yazid., See, K., Balkhis, Saiyidatina. (2019). Analysis of Well Water Quality in the District of Pasir Puteh, Kelantan, Malaysia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 286. 012021. 10.1088/1755-1315/286/1/012021.
- Haji Zainuddin Bin Haji Ibrahim (2018). Sumber, permintaan dan bekalan air domestik di Kelantan Utara.
- Hamzah, Z. et al. (2017). "Groundwater quality assessment using integrated geochemical methods, multivariate statistical analysis, and geostatistical technique in shallow coastal aquifer of Terengganu, Malaysia." *Arabian Journal of Geosciences* 10 2017: 1-17.
- Hill, M., Osterby, Ole., (2003) Determining Extreme Parameter Correlation in Ground Water Models. *Ground water*. 41. 420-30. 10.1111 / j.17456584.2003.tb02376.x.
- Jusoh, F., Che Man, H., Zawawi, A., Mohamed, T., (2014). Performance Evaluation and Characteristics of Selected Tube Wells in the Coastal Alluvium Aquifer, Selangor. *Pertanika Journal of Science and Technology*. 22. 213-225.
- Koç, C., Bayazit, Y., Bakış, R., (2020). A study on assessing the urban growth, population, and water resources of Bodrum Peninsula, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 192. 10.1007/s10661-020-08594-7.
- Kumar, A., Babu, K., (2013). Correlation study among quality parameter of some water sources. *international journal for environmental rehabilitation and conservation*. 2. 201123-28.
- Mohamed, A., Zuhairi, W., Yaacob, W.Z., M, R., Taha, M., Samsudin, A., (2009). Groundwater and Soil Vulnerability in the Langat Basin Malaysia. *European Journal of Scientific Research*. 27. 1450-216
- Mohammed, T., Megat, M.N., Ghazali, A.H.,(2006). Study on Potential Uses of Rainwater Harvesting in Urban Areas.
- Musa, S., Zakaria, N.A., Lau, T.L., Radin Mohamed, Radin Maya Saphira, Amir, Muna 'Iffah, Ibrahim, M.M., Adnan,A., (2013). Kaedah lestari bio-serapan dalam merawat air bumi menggunakan bahan organik. Seminar Kebangsaan Aplikasi Sains dan Matematik.
- Roslan, M. F. F., & Md Hashim, N. (2019). Perubahan Kualiti Air Bawah Tanah di Negeri Kelantan Pada Tahun 2010 Hingga 2012. *Jurnal Wacana Sarjana*, 2(2), 1 -10.

- Purvansh B. Shah. (2016). Chemical Parameter Analysis for Water, Waste Water and Ground Water. *IJRST –International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. Volume 3 . Issue 06. November 2016. 2349-6010
- R. Allan Freeze, John A. Cherry, (1979) - *Groundwater*. page 47-49
- Rout, C., Bhatia, U., (2016). Assessment of Water Quality Parameters using Multivariate Chemometric Analysis for Markanda River, India. *International Research Journal of Environment Sciences*. 4. 2319-1414.
- Salmiati, (2013). Comparison between Water Quality Index (WQI) and Biological Water Quality Index (BWQI) for water quality assessment : Case study of Melana River, Johor. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 224-229.
- Schmoll, Oliver, Howard, Guy, Chilton, J, Chorus, Ingrid & World Health Organization. (2006) *Water, Sanitation and Health Team. Protecting groundwater for health : managing the quality of drinking-water sources*. pp 375-426
- Sefie, A., Aris, A.Z., Shamsuddin, M.K.N., Tawnie, I., Suratman, S., Idris, A., Saadudin, S., Wan Ahmad, W., (2015). Hydrogeochemistry of Groundwater from Different Aquifer in Lower Kelantan Basin, Kelantan, Malaysia. *Procedia Environmental Sciences*. 30. 151-156.
- Sheikhy N.T., Aris A.Z., Sefie A., Keesstra S. (2017). Detecting and predicting the impact of land use changes on groundwater quality, a case study in Northern Kelantan, Malaysia. *Sci Total Environ*. Dec 1;599-600:844-853. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.171. Epub 2017 May 10. PMID: 28501010.
- Shirazi, S., Adham, Md., Zardari, N.H., Zubaidah, I., Imran, H.M., Mangrio, M., (2015). Groundwater quality and hydrogeological characteristics of Malacca state in Malaysia. *Journal of Water and Land Development*. 24. 10.1515 / jwld-2015-0002.
- Shivhare, N., Gour, A., Pandya, A., Trivedi Nair, R., (2020). Water quality index assessment for ground water of Indore City (M.P.), India. *Ecology, Environment and Conservation*. 26. S126-S130.
- Siti Fazilatul Husni, M. S., Wan Ruslan, I., Sumayyah Aimi, M. N. (2013). Kualiti air dan ciri fizikokimia lembangan sungai input ke dalam takungan kolam Bukit Merah, Perak. Dlm. Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Mohmadisa Hashim & Nasir Nayan (pnyt.), *Hidrologi dan pengurusan sumber air di Malaysia* (pp. 67–84). Tanjong Malim: Jabatan Geografi dan Alam Sekitar.

- Tan Eng Heng, Mahan Singh, Syed Muhammad. (1989). Groundwater supply studies in Northern Kelantan. Geol. Soc. Malaysia, Bulletin 24, October 1989; pp. 13 - 26
- Yuhani Jamian. (2015). Assessment of Water Quality Parameters at Sungai Sarawak. Fakulti Kejuruteraan Awam. Universiti Teknologi Malaysia. Page 22-47.
- Zaini, S., Mohd Hairimi, M. A., Katiman, R. & Abd Rahim, M. N. (2010). The impact of waste disposal management on the water quality of rivers in Malaysia: Lessons from Pajam waste disposal sites, Negeri Sembilan. Malaysian Journal of Society and Space, **6**(1), 50-59.