

Menentukan Kualiti Air Telaga (3 & 4) Di Lereng Bukit Bauk Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin

Hamidah Zakaria^{1*}, Siti Khatijah Mohamed¹, Nor Afzan Ariffin¹

¹Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

*Corresponding author E-mail: hamidah.zakaria@psmza.edu.my

Abstrak

Air semulajadi sangat penting kepada semua kehidupan di muka bumi ini samada untuk manusia, flora dan fauna. Kegunaan air adalah untuk tujuan domestik, industri, pertanian, janakuasa, rekreasi dan lain-lain lagi. Sumber air perlu diuji terlebih dahulu untuk menentukan keselamatan sebelum diagihkan kepada pengguna. Air dari dua buah telaga (3 dan 4) sediada berdekatan asrama perempuan Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin (PSMZA) dipilih untuk diuji parameter kualiti. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kualiti air mengikut piawaian *The National Standard for Drinking Water Quality* di dalam telaga. Data kajian yang dianalisis kebarangkalian yang mempengaruhi parameter kualiti air di dalam telaga. Parameter yang diukur dalam kajian ini terdiri daripada ujian nilai pH, Kekeruhan, Jumlah pepejal terlarut (TDS), Kandungan Mangan, Kekerasan, Jumlah Koliform dan *Escherichia Coli* (E-Coli). Daripada ujikaji yang dijalankan didapati sumber air dari telaga ini adalah tidak sesuai digunakan untuk minuman. Bagi bacaan pH, nilai purata yang konsisten diperolehi dalam lingkungan 6.0 – 7.12. Julat ini berada dalam lingkungan “*Standart Acceptable Value*” oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) iaitu 6.5 – 9.0. Bagi ujian *Hardness* di dalam air sampel, nilai bacaan berada di bawah nilai maksimum 500mg/L bagi kedua-dua telaga tiub. Nilai piawai ujian Mangan ialah 0.1mg/L (Maksimum). Bagi ujian *Escherichia Coli* (E-Coli), dapatan ujikaji menunjukkan terdapatnya kehadiran bakteria *E-Coli* dalam kedua-dua telaga. Secara keseluruhannya, kajian mendapati air yang terdapat di kedua-dua buah telaga tiub (3 dan 4) adalah tidak sesuai digunakan untuk minuman dan aktiviti harian selagi ianya tidak dirawat terlebih dahulu.

Kata Kunci: telaga; national standard for drinking water quality; parameter; ujikaji

1.0 PENGENALAN

Air merupakan sumber semulajadi yang sangat penting kepada semua hidupan di muka bumi ini. Kegunaan air adalah untuk domestik, industri, pertanian, janakuasa, rekreasi dan sebagainya. Terdapat pelbagai sumber air di dunia ini di antaranya air permukaan dan air bumi. Air permukaan berpunca daripada sungai, tasik, laut dan perigi. Manakala air bumi wujudnya daripada air mata air, kolam penyusupan dan air bawah tanah. Air bawah tanah adalah sumber air yang berada dicelah atau ruangan dalam tanah, pasir atau batuan. Ianya terhasil melalui proses kitaran hidrologi yang mana air hujan yang meresap masuk ke dalam tanah. Air ini memenuhi ruangan yang dikenali sebagai zon tepu. Ia lazimnya, berada pada kedalaman 1 meter di bawah tanah. Namun, ada juga sesetengah pakar yang berpendapat bahawa air bawah tanah wujud pada kedalaman lebih kurang daripada 20 atau 30 kaki di bawah tanah. Semakin dalam kawasan tersebut, semakin banyak air tanah yang terdapat dalam tanah tersebut.

Air bawah tanah di simpan dalam tanah dan bergerak secara perlahan melalui lapisan tanah pasir dan batuan yang dikenali sebagai akuifer. Akuifer selalunya terdiri daripada kelikir, pasir, batu pasir atau batu kapur. Bahan-bahan ini adalah telap dan bersambungan yang membolehkan air mengalir melaluinya. Air bawah tanah yang terhasil di dalam akuifer di ambil dengan cara membina telaga. Pam tenggelam digunakan untuk menyedut air dari bawah tanah ke permukaan bumi. Air bawah tanah merupakan satu simpanan air yang tidak terhad pengeluarannya dan mempunyai ketulenan yang tinggi.

Penggunaan air bawah tanah secara lestari pada skala besar sudah lama dilaksanakan sejak tahun lalu tanpa menjejaskan alam sekitar termasuk Arab Saudi dan Libya (*Berita Harian, 2013*). Malahan negara kita juga, sudah lama menggunakan air bawah tanah sebagai sumber bekalan air untuk kegunaan domestik sekitar. Terutamanya penduduk kampung atau kawasan luar bandar menyediakan telaga untuk mendapatkan punca air bawah tanah. Sekarang ini air bawah tanah sudah kurang digunakan kerana penduduk telah dibekalkan dengan bekalan air yang disalurkan menerusi sistem paip. Kebelakangan ini banyak pihak telah mula menyedari tentang kepentingan air bawah tanah sebagai salah satu daripada sumber alam yang mempunyai potensi untuk dibangunkan bagi menampung keperluan manusia. Di Kelantan, air bawah tanah banyak digunakan untuk kegiatan domestik dan pertanian secara kecil-kecilan.

Menurut Ismail Yusoff, Pakar Hidrogeologi Negara, (*Berita Harian, 2013*) penggunaan air bawah tanah lebih selamat digunakan dan boleh digantikan air permukaan yang sudah teruk tercemar. Sumber air ini perlu dijaga dan dikawal supaya tidak mengalami nasib yang sama seperti sumber-sumber air permukaan yang semakin tercemar akibat pembangunan yang tidak terancang. Aktiviti perbandaran, perindustrian, pertanian yang semakin pesat atau aktiviti guna tanah yang melampau adalah salah satu faktor yang dikenal pasti mampu mencemarkan sumber air bawah tanah. Walaupun air bawah tanah kurang terdedah kepada faktor pencemaran namun kualiti air yang baik sangat penting bagi memastikan ianya selamat dan tidak tercemar sebelum ia dibekalkan kepada pengguna. Kajian kualiti air bawah tanah perlu dititikberatkan bagi memastikan air bawah tanah tersebut selamat dan sesuai digunakan kerana kualiti air yang tidak bermutu akan memudaratkan atau menjejaskan kesihatan pengguna. Air bawah tanah hanya boleh digunakan sekiranya jumlah kepekatan parameternya bersesuaian dan dalam kualiti yang dibenarkan (*Abraham et. al., 2001*). Bila air bawah tanah mula tercemar akibat aktiviti perindustrian, pertanian dan domestik menyebabkan sumber air ini beransur kurang kesesuaiannya untuk kegunaan. Terdapat tiga klasifikasi pencemaran air bawah tanah yang berlaku iaitu pencemaran fizikal (tidak larut dalam air seperti sampah sarap daripada logam, kertas kaca dan kelodak), pencemaran biologi (seperti najis binatang menyebabkan kemunculan bakteria seperti *Escherichia Coli* atau E-coli, cacing, cacing nematod dan *mikroc* lain) dan pencemaran kimia (bahan kimia terlarut daripada pencemar fizikal dan biologi serta logam berat dikelaskan sebagai pencemar kimia).

1.1 Penyataan Masalah

Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin (PSMZA) telah membina beberapa telaga tiub untuk dijadikan tempat tadahan air bawah tanah bagi mengurangkan kandungan air di bawah tanah tersebut. Tujuan asal pembinaan telaga tiub ini adalah bagi mengurangkan risiko kegagalan cerun seperti tanah runtuh atau mendap belakang kamsis perempuan. Masalah utama yang berlaku kerana tanah tidak dapat menahan air bukit yang mengakibatkan kegelongsoran tanah yang memberi kesan terhadap struktur bangunan kamsis di PSMZA. Kedudukan bangunan itu juga berada di bahagian lereng bukit. Sumber air bawah tanah dalam telaga tiub dicadangnya untuk dibekalkan kepada pengguna terutamanya pelajar dan kakitangan PSMZA untuk tujuan kegunaan domestik. Oleh itu, dalam kajian ini penulis ingin mengkaji parameter-parameter kualiti air telaga tiub mengikut kehendak Piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan (*The National Standard for Drinking Water Quality*) yang dibenarkan. Kajian ini dijalankan bukan sahaja memberi faedah kepada pelajar kamsis perempuan PSMZA tetapi juga akan menjadi sumber rujukan Politeknik. Selain itu, ia juga dapat menyeimbangkan pembangunan fizikal dan perlindungan dan pemeliharaan alam sekitar.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH UJIKAJI

2.1 Kaedah Kajian

PSMZA telah menyediakan empat buah telaga tiub berdekatan dengan kamsis pelajar perempuan. Dalam kajian ini hanya tertumpu pada telaga tiub T3 dan T4 sahaja untuk mengkaji sifat-sifat air bukit atau air bawah tanah akibat daripada aktiviti aliran larian air yang tinggi di dalam tanah (*base flow*). Sifat-sifat air dibahagikan kepada tiga kategori utama iaitu sifat fizikal, sifat kimia dan biologi (*rujuk jadual 1*).

Jadual 1: Kategori Utama Sifat-Sifat Air

Sifat-Sifat Air	Keterangan	Parameter Air
1. Sifat Fizikal	Sifat fizikal air dapat dikenal pasti dengan cara melihat, merasa dan menghidu iaitu sifat yang berkaitan dengan gerak balas penglihatan, sentuhan, rasa dan bau.	Kekeruhan (<i>Turbidity</i>) Jumlah pepejal terampai Warna (<i>Color</i>) Suhu
2. Sifat Kimia	Ciri- ciri kimia adalah lebih spesifik daripada parameter-parameter fizikal dan lebih berguna untuk menilai sifat-sifat sesuatu sampel dengan lebih cepat.	Nilai pH Jumlah pepejal terlarut (<i>TDS</i>) Jumlah besi (<i>Iron</i>) Mangan (<i>Manganese</i>)
3. Sifat Biologi	Kandungan bakteria di dalam air bawah tanah kadangkala boleh menentukan sama ada sumber air yang dipam boleh dibekalkan kepada orang ramai.	Jumlah Kolifom (<i>Total Coliform</i>) <i>Escherichia Coli</i> (<i>E-Coli</i>)

Sumber: *Water and Wastewater Engineering, 2014*

Objektif utama dalam kajian ini adalah untuk menentukan parameter kualiti air memenuhi kehendak Piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan (*The National Standard for Drinking Water Quality*) yang dibenarkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Oleh itu, parameter kualiti air yang diambil kira dalam kajian ini adalah berdasarkan kepada sifat-sifat air iaitu Kekeruhan, nilai pH, Jumlah pepejal terlarut (TDS), Kandungan Mangan, Kekerasan, Jumlah Koliform dan *Escherichia Coli* (E-Coli).

Jadual 2: Piawaian Kualiti Air Minuman Kebangsaan (*The National Standard for Drinking Water Quality*)

Parameter Air	Unit	Drinking Water Quality Standards	
		(Maximum Value)	Acceptable
Nilai pH	-	6.5 – 9.0	
Kekeruhan (<i>Turbidity</i>)	NTU	5 Max	
Warna (<i>Color</i>)	TCU	15 Max	
Jumlah pepejal terlarut (<i>Total Dissolved Solids</i>)	mg/L	1000 Max	
Jumlah pepejal terampai (<i>Total Suspended Solid</i>)	Mg/L	-	
Jumlah besi (<i>Iron</i>)	Mg/L	0.3 Max	
Mangan (<i>Manganese</i>)	Mg/L	0.1 Max	
Jumlah Kekerasan (<i>Hardness</i>)	Mg/L	500 Max	
Jumlah Koliform (<i>Total Coliform</i>)	CFU/100mL	Absent	
<i>Escherichia Coli</i> (E-Coli)	CFU/100mL	Absent	

Sumber: *Drinking Water Quality Surveillance Program*

2.2 Persampelan Air

Persampelan air telaga tiub bukit bauk dilakukan sebanyak 5 kali iaitu sekali seminggu pada bulan Januari 2017. Sampel air diambil dari kedua-dua buah telaga tiub bukit bauk (3 dan 4) dan ujian ke atas sampel air dilakukan di makmal Veolia Water Dungun Sdn. Bhd. Serdang Dungun, Terengganu. Kaedah mengambil sampel dan menganalisis adalah atas penyeliaan oleh pihak Veolia Water Dungun.

2.3 Teknik Persampelan

Sampel air diambil dengan menggunakan botol polietilina, botol kaca dan botol khas serta ditandakan tarikh, masa dan stesen pada botol sampel tersebut. Botol tersebut perlu dibersihkan dengan menggunakan air suling. Botol sampel air hendaklah disimpan dalam kotak ais yang telah diisi dengan ais pada suhu 0 – 4°C dan dihantar ke makmal dalam tempoh 24 jam untuk analisis. Sampel air yang diambil seterusnya dibawa ke makmal Veolia Water Dungun Sdn. Bhd. untuk menjalankan ujikaji sampel air.

Sampel air disimpan dalam bilik sejuk bersuhu 4°C bagi sampel yang tidak sempat untuk di analisis. Sampel yang dikeluarkan dari bilik sejuk perlu dibiarkan selama 2 jam pada suhu bilik sebelum menjalankan ujikaji. Peralatan ini terlebih dahulu dikalibrasikan dengan menggunakan air suling, sebelum atau selepas setiap eksperimen parameter air dijalankan.

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Keputusan Kajian

Analisis data diperolehi melalui kaedah persampelan air telaga tiub 3 dan 4 bagi mendapatkan keputusan kualiti air yang selamat dan memenuhi kehendak piawaian KKM. Dalam kajian ini, parameter air dipilih mengikut sifat-sifat air dan berdasarkan ciri-ciri parameter di lapangan, kandungan bahan organik dan ciri-ciri mikrobiologi sampel air telaga. Keputusan ujian bagi air telaga adalah seperti jadual di bawah:-

3.1.1 Parameter Lapangan

a) pH

Nilai pH adalah istilah saintifik yang digunakan untuk menggambarkan keadaan yang berasid atau beralkali. Daripada data dalam Jadual 3 yang diperolehi dari T3 dan T4 di menunjukkan bacaan nilai pH yang konsisten dalam lingkungan 6.0 – 7.12. Julat nilai pH yang diperolehi menunjukkan sampel air telaga tiub memenuhi kehendak Piawaian Kualiti Air Minuman Kebangsaan yang dibenarkan oleh KKM 6.5 – 9.0.

Nilai bagi pH sangat berkait dengan jenis tanah dan batu di lapangan. Air bawah tanah yang melalui batuan dan tanah boleh menyebabkan air berasid. Dari data sampel air telaga menunjukkan air telaga berasid tapi pada kadar yang rendah.

Jadual 3: Nilai pH bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Ph				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1		T3	6.59	6.74	6.85	6.73	
03.01.17 (Selasa)	Panas	T4	6.33	6.65	6.75	6.58	
M2		T3	6.69	6.81	6.99	6.83	6.5 – 9.0
10.01.17 (Selasa)	Panas	T4	6.3	6.57	6.7	6.52	
M3		T3	6.24	6.58	6.92	6.58	
17.01.17	Panas	T4	6.92	7.00	7.14	7.02	

(Selasa)						
M4	T3	7.05	7.05	7.26	7.12	
24.01.17	Hujan					
(Selasa)	T4	6.84	6.79	6.88	6.84	
M5	T3	5.9	6.01	6.1	6.00	
31.01.17	Panas					
(Selasa)	T4	6.7	6.83	6.99	6.84	

b) Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan merupakan antara parameter penting bagi air bekalan. Ujian kekeruhan dilakukan untuk menguji tahap kekeruhan air yang terdapat di dalam air. Tahap kekeruhan yang tinggi boleh melindungi mikroorganisma daripada kesan-kesan pembasmian kuman dan pertumbuhan bakteria. KKM telah menetapkan indeks yang perlu dipatuhi bagi kekeruhan tidak boleh melebihi 5 NTU.

Daripada Jadual 4 di bawah, menunjukkan bacaan yang tidak konsisten diperolehi. Pada minggu pertama menunjukkan T3 memberi nilai NTU yang kurang dari 5 iaitu 3.80, manakala T4 menunjukkan bacaan yang agak tinggi iaitu 27.6 ketika cuaca panas. Untuk minggu ke-2 sehingga ke-5, bacaan NTU masih menunjukkan nilai T3 yang lebih rendah berbanding T4. Namun demikian pada minggu ke-5, bacaan NTU bagi T3 adalah di bawah 5 manakala pada minggu yang lain bacaan NTU bagi T3 adalah melebihi 5.

Bacaan NTU tertinggi dicatatkan pada T4 ketika cuaca hujan sebanyak 31.8 ketika minggu ke-4. Daripada Jadual 4 jelas menunjukkan indeks kekeruhan meningkat ketika cuaca hujan. Telaga atau mata air yang cetek boleh tercemar terutamanya ketika hujan lebat (*Manitoba Water Stewardship and Manitoba Health, 2012*).

Jadual 4: Nilai Kekeruhan bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Kekeruhan (<i>Turbidity</i>) (Ntu)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1	Panas	T3	3.75	3.78	3.86	3.80	
03.01.17 (Selasa)		T4	27.3	27.8	27.8	27.6	
M2	Panas	T3	5.7	5.72	5.98	5.80	
10.01.17 (Selasa)		T4	27.95	28.35	28.89	28.4	5 Max
M3	Panas	T3	11.56	11.85	11.99	11.8	
17.01.17 (Selasa)		T4	19.86	19.86	19.98	19.9	

M4		T3	6.38	6.56	6.82	6.59
24.01.17	Hujan	T4	31.51	31.9	31.98	31.8
(Selasa)						
M5		T3	1.01	1.12	1.23	1.12
31.01.17	Panas	T4	15.84	15.98	15.88	15.9
(Selasa)						

c) Pepejal Terlarut (*Total Dissolves Solid, TDS*)

Jumlah pepejal terlarut (TDS) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan bahan bukan organik dan kehadiran bahan organik yang larut dalam air (*Guidelines For Drinking-Water Quality, 1996*). Pepejal terlarut merupakan pepejal yang terlarut dalam air mentah. Aspek terpenting TDS dalam hubungkaitnya dengan kualiti air minum ialah kesannya ke atas rasa. Kandungan maksimum yang dibenarkan menurut KKM adalah 1000mg/L. Daripada Jadual 5 di bawah semua data menunjukkan bacaan TDS bagi T3 dan T4 adalah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh KKM. Kehadiran TDS tertinggi dicatatkan sebanyak 217 bagi T3 pada minggu pertama, manakala bagi T4 pula sebanyak 215 pada minggu ke-5. Bacaan tertinggi berlaku ketika cuaca panas bagi T3 dan T4.

Jadual 5: Kandungan Pepejal Terlarut bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Pepejal Terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>) (Mg/L)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1		T3	213.6	218.1	219.3	217	1000 Max
03.01.17	Panas	T4	204.9	202.3	204.8	204	
(Selasa)							
M2		T3	112.75	112.6	112.45	112.6	
10.01.17	Panas	T4	199.01	199	199.89	199.3	
(Selasa)							
M3		T3	113.01	113.05	113.25	113.1	
17.01.17	Panas	T4	205	205.12	204.89	205	
(Selasa)							
M4		T3	119.5	119.6	119.7	119.6	
24.01.17	Hujan	T4	187.6	187.5	187.7	187.6	
(Selasa)							
M5		T3	139.75	140.2	140.06	140	
31.01.17	Panas	T4	215.02	215.08	214.91	215	
(Selasa)							

3.1.2 Kandungan Bahan Bukan Organik (*Inorganic constituent*)

a) Mangan (*Manganese*)

Mangan merupakan kandungan logam yang wujud secara semulajadi di dalam tanah. Kehadiran logam ini turut mempengaruhi kualiti air setempat. Sekiranya wujud kandungan logam yang tinggi, ini akan memberikan rasa yang tidak enak kepada pengguna. Kandungan mangan yang dibenarkan oleh KKM adalah tidak melebihi 0.1mg/L. Daripada data di Jadual 6 menunjukkan bahawa nilai purata mangan yang tidak konsisten. Nilai bacaan pada minggu pertama tidak memenuhi kehendak piawaian KKM iaitu sebanyak 0.11 bagi sampel air T3. Manakala untuk T4 pula kesemua minggu menunjukkan data melebihi piawaian KKM yang dibenarkan iaitu 0.1mg/L.

Jadual 6: Kandungan Mangan (*Manganese*) bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Mangan (<i>Manganese</i>) (Mg/L)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1		T3	0.101	0.112	0.115	0.11	
03.01.17 (Selasa)	Panas	T4	1.521	1.456	1.576	1.52	
M2		T3	0.045	0.046	0.039	0.04	
10.01.17 (Selasa)	Panas	T4	2.76	2.687	2.79	2.75	
M3		T3	0.062	0.065	0.064	0.06	
17.01.17 (Selasa)	Panas	T4	2.012	2.08	2.054	2.05	0.1 Max
M4		T3	0.021	0.023	0.021	0.02	
24.01.17 (Selasa)	Hujan	T4	2.175	2.185	2.156	2.17	
M5		T3	0.035	0.052	0.015	0.03	
31.01.17 (Selasa)	Panas	T4	1.845	1.864	1.823	1.84	

b) Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan yang wujud di dalam air adalah disebabkan oleh kehadiran kalsium karbonat (CaCO_3). Sifat kekerasan terbentuk apabila air melalui atau mengalir kawasan batu kapur menyebabkan ion kalsium dan magnesium larut ke dalam air (*United Utilities, 2016*). Kandungan maksimum bagi kekerasan di dalam air adalah sebanyak 500mg/L mengikut piawaian yang dibenarkan oleh KKM.

Merujuk Jadual 7, hasil dari sampel air telaga yang diambil, bacaan kekerasan bagi kedua-dua telaga selama 5 minggu berturut-turut adalah mematuhi piawaian yang telah ditetapkan. Bacaan tertinggi yang dicatat adalah pada minggu ke-5 sebanyak 84.1 ketika cuaca panas bagi sampel air T3. Manakala T4 pula, bacaan tertinggi dicatat pada minggu ke-4 ketika cuaca panas iaitu 324.8. Jelas menunjukkan bahawa sampel air T4 mempunyai bacaan kekerasan lebih tinggi berbanding T3.

Jadual 7: Nilai Kekerasan bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Kekerasan (Hardness) (Mg/L)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1	Panas	T3	63.1	63.025	63.47	63.2	500 Max
03.01.17 (Selasa)		T4	130.25	130.85	130.11	130.4	
M2	Panas	T3	65.8	65.92	65.98	65.9	
10.01.17 (Selasa)		T4	138.56	138.32	138.02	138.3	
M3	Panas	T3	69.78	69.56	69.77	69.7	
17.01.17 (Selasa)		T4	324.85	324.61	324.94	324.8	
M4	Hujan	T3	79.18	79.12	79.01	79.1	
24.01.17 (Selasa)		T4	132.86	132.86	132.98	132.9	
M5	Panas	T3	84.11	84.08	84.12	84.1	
31.01.17 (Selasa)		T4	146.85	146.76	146.18	146.6	

3.1.3 Mikrobiologi

a) Jumlah Koliform (*Total Coliform*)

Koliform merupakan sekumpulan bakteria yang terdiri daripada pebagai jenis bakteria (*Wellwater OSU, 2014*). Kebanyakan bakteria koliform adalah tidak berbahaya. Bacteria koliform hidup di dalam tanah dan tidak wujud secara semulajadi di dalam air. Sekiranya terdapat kehadiran koliform di dalam sampel air, kemungkinan besar sampel air terdedah dengan kehadiran haiwan lain. Merujuk Jadual 8, terdapat kehadiran bakteria koliform yang dikesan dalam T3 dan T4. Pada minggu pertama T3 dan T4 telah dikesan mempunyai kehadiran bakteria koliform, yang mana T4 mencatat bacaan yang lebih tinggi berbanding T3. Pada minggu ke-2 tiada kehadiran bakteria koliform yang dicatatkan, namun pada minggu ke-3 kehadiran bakteria koliform dikesan kembali bagi T3 dengan bacaan yang tinggi iaitu sebanyak 2388.

Manakala T4 mencatat kehadiran bakteria koliform dengan nilai terendah iaitu 1 pada minggu yang sama ketika cuaca hujan. Dengan adanya kehadiran bakteria koliform di dalam T3 dan T4, ujian susulan diperlukan bagi sampel air telaga untuk mengenal pasti jenis bakteria yang hadir. Jenis ujian yang perlu di jalankan adalah ujian kehadiran *E. coli* atau *Fecal Coliform*.

Jadual 8: Kandungan Kolifom bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan Ujikaji Koliform (Total Coliform) (Cpu/100ml)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1 03.01.17 (Selasa)	Panas	T3	12.01	11.98	12.02	12	ABSENT
		T4	154	154.01	154	154	
M2 10.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	
M3 17.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	
M4 24.01.17 (Selasa)	Hujan	T3	2388.01	2388	2387.98	2388	
		T4	1.03	1	0.98	1	
M5 31.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	

b) *Escherichia Coli (E-Coli)*

Setelah kehadiran bakteria koliform dikenalpasti hadir di dalam sampel air T3 dan T4, ujian E- Coli perlu di jalankan bagi mengenalpasti kehadiran E-Coli di dalam air telaga tersebut. Merujuk jadual 9, jelas menunjukkan kehadiran E-Coli pada minggu pertama dan juga minggu ke-4. Bacaan tertinggi merujuk kepada T3 pada minggu ke-4 sebanyak 468. Keputusan ini membuktikan bahawa terdapat kehadiran haiwan yang menjadi punca kehadiran E-Coli dalam T3 dan T4. Dalam konteks ini, E-Coli berkemungkinan besar datang dari najis haiwan tersebut. Namun demikian pada minggu ke-2, ke-3 dan ke-5 tiada kehadiran E-Coli dikesan dalam sampel air tersebut.

Jadual 9: Kandungan E-Coli bagi T3 dan T4

Minggu Tarikh (Hari)	Cuaca	Sampel Air Telaga Tiub	Keputusan <i>Escherichia Coli</i> (<i>E-Coli</i>) (Cpu/100ml)				Piawaian Air Minum Yang Dibenarkan (KKM)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata	
M1 03.01.17 (Selasa)	Panas	T3	1.02	1.04	0.95	1	ABSENT
		T4	70.99	71.01	71	71	
M2 10.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	
M3 17.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	
M4 24.01.17 (Selasa)	Hujan	T3	468.1	467.9	467.99	468	
		T4	1.03	1	0.98	1	
M5 31.01.17 (Selasa)	Panas	T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	

3.2 Perbincangan

Setelah kesemua parameter kualiti sampel air telaga tiub 3 dan 4 dijalankan, didapati sumber air ini tidak sesuai digunakan secara terus bagi kegunaan domestik. Berdasarkan analisa **pH** yang diperolehi, keputusan ujian air tersebut lebih bersifat asid yang lemah namun masih berada dalam julat yang dibenarkan oleh KKM. Menurut Knutsson (1994), air bawah tanah yang berasid wujud secara semulajadi. Kealkalian dan ion hidroksida yang sangat rendah wujud dalam air bawah tanah yang mana T3 dan T4 adalah dikategorikan sebagai air bawah tanah. Kehadiran jangka panjang kalsium, magnesium, nitrat dan sulfat dalam air bawah tanah yang disebabkan oleh batuan dan tanah turut mempengaruhi bacaan air T3 dan T4 yang berasid.

Purata nilai **kekeruhan** yang agak tinggi bagi T3 dan T4 juga tidak menyarankan air telaga ini digunakan secara terus. Punca kekeruhan bagi sumber air boleh datang dari pelbagai punca. Air permukaan atau telaga cetek kebiasaannya mengandungi kekeruhan yang tinggi menurut *Manitoba Water Stewardship and Manitoba Health* (2011). Kedudukan T3 dan T4 yang berada di lereng bukit dengan kedalaman telaga yang cetek jelas mempengaruhi bacaan kekeruhan bagi T3 dan T4 yang melebihi standard air minuman yang dibenarkan. Bacaan bagi **TDS** jelas menunjukkan air T3 dan T4 berada dalam julat yang selamat. **TDS** dalam bekalan air berasal dari sumber semula jadi, kumbahan, air larian bandar dan pertanian, dan air sisa industri (WHO, 2005).

Bagi kawasan kajian kehadiran *TDS* bagi air bawah tanah sangat berkait dengan geologi setempat. Mineral terlarut yang hadir dalam air bawah tanah akan mempengaruhi bacaan *TDS* bagi T3 dan T4. Bacaan *TDS* yang rendah menunjukkan kehadiran mineral terlarut yang rendah bagi T3 dan T4.

Purata bacaan **mangan** yang tidak konsisten menunjukkan kehadiran kandungan logam terlarut dalam air T3 dan T4. Mangan wujud secara semulajadi di kebanyakan sumber air permukaan dan air bawah tanah bahkan dalam tanah yang berhubung terus dengan sumber air (WHO, 2005). Faktor geologi tanah di kawasan bukit ini adalah faktor penyumbang utama yang mempengaruhi bacaan kandungan mangan yang tinggi. Bagi bacaan yang melebihi 0.1 mg/l, ion mangan akan mempengaruhi rasa air tersebut serta boleh mengakibatkan kotoran pada paip serta pakaian. Kehadiran kalsium karbonat (CaCO_3) mempengaruhi sifat **kekerasan** air sesuatu tempat. Bagi T3 dan T4 jelas menunjukkan kehadiran CaCO_3 dalam julat yang selamat dan mematuhi standard KKM. Kekerasan juga wujud secara semulajadi dalam kebanyakan air bawah tanah dan sangat berkait rapat dengan geologi setempat. Bagi sumber air yang berada berdekatan kawasan batu kapur, bukit berbatu dan kawasan yang mengandungi mineral kalsium akan mempengaruhi sifat kekerasan sumber air tersebut. Bagi kawasan kajian, T3 dan T4 berada di kawasan berbukit tetapi tidak berbatu dan bukan di kawasan batu kapur. Perkara ini jelas mempengaruhi nilai kekerasan yang diperolehi bagi T3 dan T4.

Kehadiran *E-Coli dan Total Coliform* jelas menunjukkan terdapat kehadiran najis di dalam sampel air T3 dan T4 dan kehadiran *E-Coli dan Total Coliform* hanya dapat dikesan sekiranya terdapat kehadiran najis samada haiwan atau manusia. Menurut Hua (2015), jika sampel air mengandungi *E-Coli*, maka ianya boleh berpunca daripada pencemaran najis dan berisiko untuk kehadiran patogen. Dalam konteks kajian ini, kehadiran najis ini dipercayai berpunca daripada kehadiran hidupan liar yang tinggal atau berada disekitar T3 dan T4. Kebarangkalian T3 dan T4 menjadi sumber kegunaan harian bagi haiwan adalah tinggi dengan wujudnya kehadiran *E-Coli* terutamanya pada waktu hujan ekoran bacaan *E-Coli dan Total Coliform* yang dicatat agak tinggi apabila bacaan diambil sejeurus selepas hujan. Faktor persekitaran juga merupakan salah satu faktor yang perlu dititikberatkan memandangkan kedudukan T3 dan T4 berada di kawasan bukit yang berhampiran dengan hutan simpan Bukit Bauk. Kemungkinan yang diwujudkan juga disebabkan telaga ini berada dalam keadaan terbuka yang mana membenarkan akses haiwan secara terus. Meskipun sebahagian parameter bagi T3 dan T4 mematuhi standard yang ditetapkan KKM, namun kehadiran *E-Coli* serta *Total Coliform* dalam T3 dan T4 merupakan indikator penting yang perlu dinilai semula bagi membolehkan air dari T3 dan T4 digunakan bagi kegunaan domestik secara terus kepada pengguna.

4.0 KESIMPULAN

Dalam kajian ini, pengkaji telah menjalankan tujuh jenis parameter keatas sampel air (T3 dan T4) selama 5 minggu berturut-turut bermula 3 – 31 Januari 2017. Parameter kualiti air yang diambil kira dalam ujikaji adalah ujian kekerasan (*hardness*) dan kekeruhan (*turbidity*) bagi mewakili sifat fizikal air. Manakala ujikaji nilai pH, Jumlah pepejal terlarut (TDS) dan kandungan mangan pula dilakukan bagi mewakili sifat kimia. Ujikaji untuk menentukan sifat biologi pula adalah Jumlah Koliform dan Ujian kehadiran *Escherichia Coli* (*E-Coli*). Kesemua ujikaji ini dijalankan di sebuah makmal kaji air bertauliah milik syarikat Veolia Water Dungun Sdn. Bhd. Syarikat ini adalah pengendali loji rawatan air di Kg. Serdang, Dungun, Terengganu.

Keputusan bagi ujikaji sifat fizikal secara keseluruhannya (5 minggu) iaitu ujian kekeruhan menunjukkan kegagalan menepati piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan (*The National Standard for Drinking Water Quality*) yang dibenarkan oleh KKM yang mana melebihi nilai maksimum 5 NTU. Keputusan ujikaji kekerasan pula menunjukkan bahawa sampel menepati piawaian iaitu tidak melebihi nilai 500 mg/L. Bagi ujikaji sifat kimia, nilai pH keseluruhan sampel menepati piawaian iaitu diantara 6.90 – 9.00. Ujikaji TDS juga menepati piawaian di mana keseluruhan sampel tidak melepasi had 1000 mg/L. Keputusan ujikaji kandungan mangan pula mencatat kegagalan menepati piawaian kerana rata-rata sampel memberikan bacaan melebihi 0.1 mg/L. Dua ujikaji parameter air dilakukan untuk menentukan sifat biologi. Bagi ujikaji kandungan bakteria koliform dan E-coli juga menunjukkan kegagalan menepati piawaian kerana kehadiran bakteria di dalam sampel air.

Secara keseluruhannya pengkaji merumuskan bahawa air yang terkandung di dalam telaga tiub ini (T3 & T4) adalah tidak selamat untuk digunakan bagi kegunaan domestik kerana kegagalannya menepati sesetengah piawaian KKM. Untuk menyatakan air yang selamat keseluruhan ujikaji parameter mesti menepati atau tidak melebihi nilai maksimum yang tercatat di dalam piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan (*The National Standard for Drinking Water Quality*) yang dibenarkan oleh KKM. Oleh itu, sumber air dari telaga tiub PSMZA perlu rawatan ekstensif bagi memastikan kualiti air selamat dan berkualiti untuk diagihkan kepada pelajar dan kakitangan PSMZA.

4.1 Cadangan

Melalui kajian ini, beberapa cadangan dapat dikemukakan bagi membaiki kelemahan yang telah wujud dalam kajian kualiti air di telaga Bukit Bauk PSMZA. Berikut adalah antara cadangan kajian yang dapat dilakukan iaitu:-

- i. Sekiranya pihak PSMZA hendak menggunakan sumber air ini sebagai kegunaan domestik kepada pelajar dan kakitangan PSMZA, satu sistem rawatan air perlu disediakan supaya air tersebut lebih bersih, berkualiti dan selamat.
- ii. Air Telaga Tiub boleh digunakan untuk membuat kolam ternakan ikan atau hiasan kolam air pancut.

- iii. Menyediakan saluran perpaipan bagi tujuan menyalurkan air untuk kegunaan lanskap secara meluas di PSMZA.

5.0 PENGHARGAAN

Ucapan jutaan terima kasih kepada syarikat Veolia Water Dungun Sdn. Bhd. Serdang Dungun, Terengganu yang banyak memberi kerjasama dan tunjuk ajar dalam menjalankan kajian ini. Sekalung penghargaan juga kepada pengarah PSMZA dan pihak urusetia MATRIX 2017 yang dapat menganjurkan seminar ini.

6.0 RUJUKAN

Abraham, T., John, T. and Richard, D. (2001), *Development of a GIS Based Urban Groundwater Recharge Pollutant Flux Model*. School of Earth Sciences, University of Birmingham, United Kingdom.

Department of Environment, Malaysia (2005). *Malaysia Environment Quality Report 2005*, p22 – 42.

Jabatan Alam Sekitar Malaysia (1995). *Environmental Quality Report*. Department of Environmental, Ministry of Science, Technology and the Environment Malaysia, Kuala Lumpur.

Ministry of Health Malaysia (2010). *Drinking Water Quality Surveillance Programme*. Retrieved from <http://kmam.moh.gov.my/public-user/drinking-water-quality-standard.html>.

Mona Ahmad (31 Mei 2013). *Berita Harian “Air bawah tanah penyelesaian tangani krisis”*. Rencana, NSTP.

Mustapa, Shahabudin, Talib@Alias, Hashimah dan Mohd Asri (1996). *Garis Panduan Kualiti Air Minum Jilid 1*. Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Bharu.

National Research Council (1980). *Drinking water and health. Vol. 1*, Washington, DC, National Academy Press.

Raja Norazilla Bt Raja Yunus, Nurfazlina Bt Mohd Rozi dan Shahrin Nazida Bt Salleh (2014). *Water and Waste water Engineering*. Muhibbah Sales & Service.

Shahabudin Mustapa (1999). *Garis Panduan Kualiti Air Minum, Kawalan Bekalan Air Minum Untuk Komuniti Kecil*. Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Bharu.

S. Vigneswaran & C. Visvanathan (1995). *Water Treatment Process*. CRC Press, Boca Raton, New York.

World Health Organization, (1971). *International Standards for Drinking - Water, 3rd ed.* Geneva, World Health Organization.

Hua, K. A. (2015). *Kualiti sumber air di Malaysia: Satu analisis*. *Malaysia Journal of Society and Space 11*, Issue 6, Jun 2015, pp. 98 - 108

Knutsson, G. (1994). *Acidification effects on groundwater - prognosis of the risks for the future*. *Future Groundwater Resources at Risk - Proceedings of the Helsinki Conference*, Publ. no. 222, June 1994.

Manitoba Water Stewardship and Manitoba Health (2011). *Turbidity in Manitoba Water Supplies*. Retrieved July 18, 2017 from https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/publicinfo/factsheets/pdf/factsheet_turbidity.pdf

WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2005). *Total dissolved solids in Drinking-water*. Retrieved October 9, 2017 from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf

WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2011). *Manganese in Drinking-water*. Retrieved October 9, 2017 from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf