

PENILAIAN KUALITI AIR BAWAH TANAH BERDASARKAN INDEKS KUALITI AIR DI PULAU KAPAS, TERENGGANU

(Groundwater Quality Assessment Based on Water Quality Index in Kapas Island, Terengganu)

Mohmadisa Hashim, Arijatul Wardah Ahmad, Nasir Nayan, Zahid Mat Said, Hanifah Mahat, Yazid Saleh & Koh Liew See

ABSTRAK

Sumber air bersih sangat terhad bagi penduduk yang tinggal di kawasan pulau terutamanya sumber air tawar. Salah satu sumber air tawar utama yang diperolehi adalah daripada air bawah tanah. Tujuan kajian untuk mengkaji tahap kualiti air bawah tanah yang terdapat di Pulau Kapas, Terengganu bagi kegunaan domestik oleh penduduk dan pelancong. Pencerapan telah dilakukan mengikut perubahan angin monsun iaitu Monsun Barat Daya (Ogos), peralihan monsun (Oktober) dan Monsun Timur Laut (November) pada tahun 2018 di empat lokasi yang berbeza. Kajian kualiti air bawah tanah ini melibatkan pengukuran enam parameter yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia iaitu oksigen terlarut, pH, permintaan oksigen biokimia, permintaan oksigen kimia, jumlah pepejal terampai dan ammonia nitrogen dalam menentukan indeks kualiti air bagi Malaysia. Dapatan kajian menunjukkan kebanyakan parameter kualiti air berada pada Kelas I dan II. Namun, jika dinilai secara keseluruhannya, status kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas berada pada Kelas II dan III dengan status sedikit tercemar. Dengan pengkelasan yang diperolehi, air bawah tanah di Pulau Kapas ini memerlukan rawatan konvensional dan intensif kerana tidak sesuai untuk dijadikan air minum secara terus tetapi boleh digunakan untuk tujuan lain seperti mandi dan membasuh. Implikasi kajian menunjukkan analisis kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas dapat menyedarkan penduduk tempatan dan pelancong tentang status semasa kualiti air bawah yang mereka gunakan untuk keperluan seharian.

Kata kunci: kualiti air, air bawah tanah, kegunaan domestik, rawatan intensif, pelancongan pulau

ABSTRACT

Freshwater sources are very limited to the people living in the islands. The primary sources of freshwater available are groundwater. Therefore, the aims of this paper is to investigate the water quality status of the groundwater in the Kapas Island, Terengganu for the domestic consumption of the island population. Water sampling was conducted during the phases of monsoon, i.e., the Southwest Monsoon (August), the monsoon transitions (October) and the Northeast Monsoon (November) in 2018 at four locations. The groundwater quality assessment measures six parameters as the standards by the Department of Environment Malaysia which include, dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total suspended solids and nitrogen ammonia in determining the water quality index. The results show that while most water parameters are in Class I and II.

However, in general the status of groundwater at Kapas Island is in Class II and III with moderately polluted. Therefore, the groundwater in Kapas Island requires conventional and intensive treatment as it is not suitable for drinking consumption but usable for other purposes such as bathing and washing. The implications of this study to the island population is that they could get the current knowledge on the water quality status of the Kapas Island and aware of the health effect towards their wellbeing.

Keywords: water quality, groundwater, domestic use, intensive treatment, island tourism

PENGENALAN

Tidak dapat dinafikan lagi, peningkatan jumlah penduduk di sesebuah kawasan akan memberi impak terhadap permintaan terhadap bekalan sumber air bersih. Permintaan melebihi penawaran terhadap bekalan air menyebabkan berlakunya krisis air kerana keperluan air bukan sahaja untuk keperluan domestik tetapi juga untuk pelbagai aktiviti manusia yang lain iaitu perindustrian dan pertanian. Tidak dapat dinafikan sumber air untuk keperluan manusia yang utama datangnya dari sumber air permukaan seperti sungai, kolam dan tasik. Namun, disebabkan permintaan sumber air yang meningkat menyebabkan sumber air bawah telah diteroka secara besar-besaran bagi memenuhi keperluan manusia terutamanya sebagai bekalan air minuman (Fadaei & Sadeghi, 2014; Krishan et al., 2016; Kumar et al., 2015; Luthfi et al., 2017).

Penggunaan sumber air bawah tanah pada masa kini sebagai bekalan air domestik kepada manusia bukan lagi satu perkara yang asing. Sumber air sungai yang tercemar menyebabkan penduduk atau pihak berkuasa yang bertanggungjawab menyediakan bekalan air kepada penduduk telah menggunakan sumber air tanah bagi menampung permintaan tersebut (Mohamed et al., 2014; Rahayu et al., 2019). Sumber air bawah tanah mungkin bukan menjadi satu masalah yang besar untuk diperoleh di kawasan dataran atau benua tetapi keadaan ini sedikit meruncing di kawasan pulau yang terpisah dengan daratan atau tanah besar di sesebuah kawasan. Namun begitu, sumber air bawah tanah ini tidak terlepas daripada ancaman berlakunya pencemaran air yang berpunca daripada aktiviti manusia iaitu pembuangan sisa domestik dan aktiviti perindustrian (Khan & Qureshi, 2018). Dalam konteks air bawah tanah ini punca berlakunya pencemaran air bawah tanah disebabkan oleh pembuangan sisa kumbahan daripada aktiviti pelancongan, pertanian dan petempatan penduduk di kawasan pulau (Koh et al., 2007; Lin et al., 2010; Moayedi et al., 2011; Mohamed et al., 2014) dan dalam pada masa yang sama akibat daripada faktor semula jadi iaitu pencerobohan air masin terhadap air bawah tanah atau telaga yang ada berhampiran di kawasan tersebut (Aris et al., 2009; Mohd Zul Asyraf et al., 2015; Mondal et al., 2008).

Sumber air bawah tanah umumnya merupakan sumber air yang bersih dan mudah diperoleh melalui pembinaan telaga, perigi dan pengambilan menggunakan paip dan disalurkan ke dalam takungan. Dalam hal ini, kekurangan sumber air tawar di kawasan pulau khususnya telah mendesak penduduk yang mendiami di kawasan tersebut terpaksa menggunakan sumber air ini. Justeru itu, penggunaan sumber air ini dikhususnya untuk kegunaan domestik seperti bekalan air minuman, memasak, mandi dan mencuci. Keadaan ini semakin terkesan apabila sesebuah pulau itu telah dijadikan sebagai destinasi pelancongan menyebabkan permintaan terhadap bekalan air ini semakin meningkat. Untuk itu, status kualiti air bawah tanah ini perlu juga diberi perhatian khusus agar penggunaan ini adalah

selamat digunakan untuk kegunaan pelancong dan jugamasyarakat setempat (International Groundwater Resources Assessment Centre, 2016; Khan & Qureshi, 2018; Koh et al., 2007; Theophile et al., 2017).

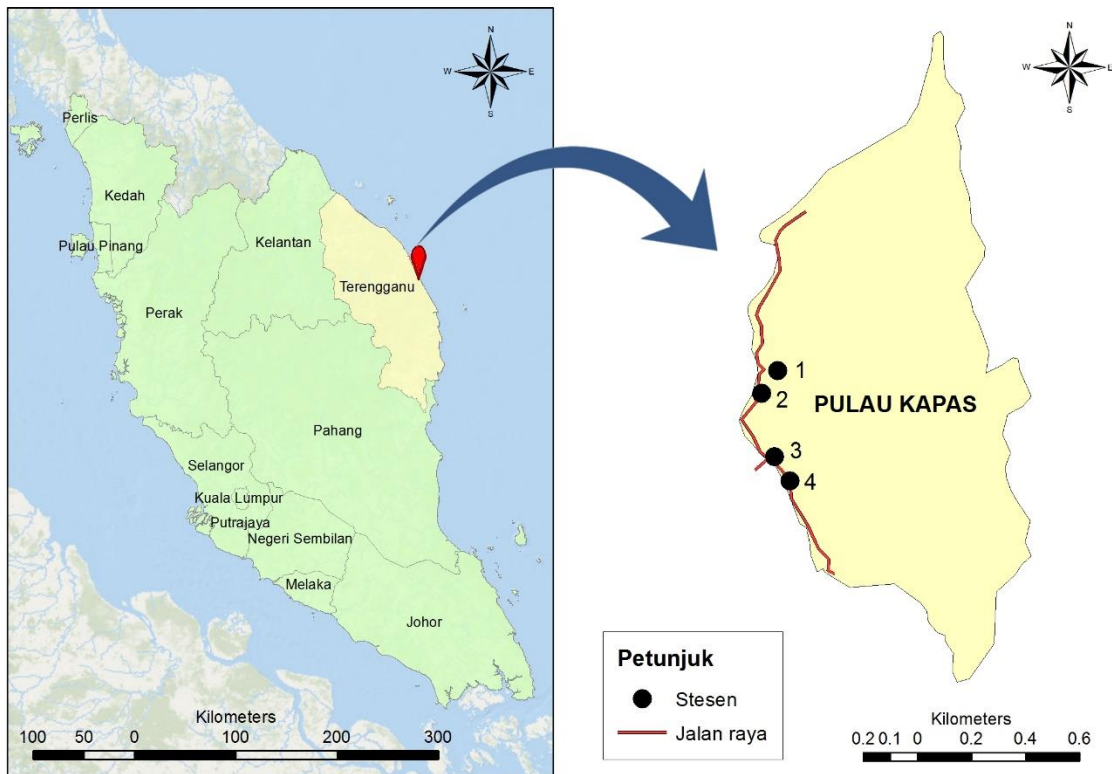
Pulau Kapas di Marang, Terengganu merupakan kawasan yang kurang penduduk kerana kawasan daratan yang tidak luas seperti pulau yang lain. Namun, pulau ini mempunyai daya tarikkannya yang tersendiri kerana keindahan pantainya yang bersih, laut yang tidak tercemar dan mempunyai taman laut yang indah. Namun begitu, kekurangan sumber air permukaan seperti air sungai mendorong penduduk setempat dan para pengusaha resort dan chalet untuk aktiviti pelancongan menggunakan sumber air bawah tanah sebagai sumber bekalan air domestik yang utama. Isu yang berlaku adalah sumber air bawah tanah ini kadang-kala berada dalam keadaan yang tidak bersih, keruh dan terdapat pepejal terampai apabila disalurkan ke tempat penginapan pelancong. Oleh itu, tujuan kajian ini adalah menganalisis kualiti air bawah tanah yang dibekalkan oleh pengusaha penginapan di kawasan Pulau Kapas ini kepada para pelancong serta penduduk setempat dengan menggunakan Indeks Kualiti Air (IKA) seperti yang ditetapkan oleh pihak Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia.

KAWASAN DAN METOD KAJIAN

Kawasan Kajian

Pulau Kapas terletak dalam daerah Marang, Terengganu iaitu di kedudukan latitud $05^{\circ}13.042'N$ dan longitud $103^{\circ}15.700'E$. Pemilihan Pulau Kapas sebagai kawasan kajian memandangkan aktiviti pelancongan giat dilakukan dan penggunaan sumber air tawar sangat diperlukan bagi keperluan domestik para pelancong. Daerah Marang terkenal dengan adanya Pulau Kapas dan merupakan salah satu daripada lapan daerah yang terdapat dalam negeri Terengganu. Keseluruhan kawasan daerah Marang ini merangkumi 666.54 km^2 yang terdiri daripada enam mukim iaitu mukim Merchang, Pulau Kerangga, Jerung, Rusila, Bukit Payong dan Alor Limbat.

Pulau Kapas adalah pulau jarak dekat yang terletak kira-kira 6 km dari jeti Marang dan merupakan salah sebuah pulau yang terdapat dalam negeri Terengganu (Rajah 1). Keluasan Pulau Kapas adalah sekitar 1.5 km hingga 2.5 km^2 dan terkenal dengan air lautnya yang jernih, pantai berpasir putih dan lambaian pohon kelapa, buaian di persisiran pantai. Pulau ini juga agak terpencil, jauh dari kesibukan tanah besar serta keunikan taman laut di kawasan pulau yang dihiasi dengan pelbagai jenis batu karang lembut dan keras, ikan, penyu dan hidupan laut lain yang menarik dan menjadikannya sebagai destinasi wajib bagi aktiviti penyelam *scuba* dan aktiviti *snorkeling* (Majlis Daerah Marang, 2018). Suasana pulau yang santai ini memberi keselesaan kepada pengunjung di samping mencuba pelbagai aktiviti air seperti berenang, berkayak, luncur papan air, meredah trek hutan tropika serta mendaki Bukit Singa. Bagi menilai tahap kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas, empat lokasi persampelan telah ditentukan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1 dan Jadual 1.



Rajah 1: Stesen pensampelan kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas

Jadual 1: Nama stesen pencerapan kualiti air bawah tanah dan kedudukannya

No Stesen	Nama Stesen	Latitud	Longitud
1	Kapas Coral Beach Resort	05°13.224'N	103°15.717'E
2	Kapas Beach Chalet	05°13.162'N	103°15.686'E
3	Pak Ya Seaview Chalet	05°13.048'N	103°15.707'E
4	Kapas Island Resort	05°13.004'N	103°15.742'E

Metod Kajian

Kualiti air di Malaysia diukur dengan menggunakan IKA seperti yang telah ditetapkan oleh pihak JAS Malaysia. Menurut Nurfadzlina dan Munirah (2012) indeks ini adalah satu pengukuran untuk memberi gambaran secara komprehensif tentang status kualiti air di sesebuah kawasan atau badan air. Sementara itu, Muhammad Fuad et al. (2017) menyatakan bahawa penilaian terhadap kualiti air bawah tanah terdiri daripada parameter fizikal, biologi dan kimia. Dalam menentukan status kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas ini, hanya enam parameter kualiti air yang digunakan selaras dengan ketetapan yang dibuat oleh pihak JAS Malaysia dalam menentukan status kualiti sesuatu badan air. Enam parameter yang digunakan ialah pH, oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), ammonia nitrogen (NH₃N) dan pepejal terampai (SS). Selain itu, dua parameter turut diambil dan dianalisis iaitu tahap saliniti (SAL) dan jumlah pepejal terlarut (TDS).

Pengambilan sampel air bawah tanah di Pulau Kapas ini telah dilakukan sebanyak tiga

kali iaitu pada bulan Ogos, Oktober dan November 2018. Pemilihan bulan yang berbeza ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat kemungkinan perbezaan tahap kualiti air berdasarkan tiupan angin monsun khususnya yang berlaku di Semenanjung Malaysia. Pencerapan kualiti air bawah tanah pada bulan Ogos mewakili tiupan angin Monsun Barat Daya, bulan Oktober (peralihan monsun) dan bulan November (tiupan angin Monsun Timur Laut). Persampelan telah dilakukan di empat lokasi yang berbeza dan sampel air bawah tanah diuji secara *insitu* dengan menggunakan peralatan YSI Multiparameter. Paramater yang diuji secara insitu iaitu pH, SAL, TDS dan DO. Bagi parameter yang lain, sampel air telah diambil dan dianalisis dalam makmal mengikut prosedur yang telah ditetapkan oleh *American Public Health Association* (APHA) (2005).

Bagi tujuan menganalisis tahap kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas ini, pendekatan kuantitatif telah dilakukan. Statistik deskriptif telah digunakan bagi menggambarkan tentang status kualiti air bawah tanah ini sama ada parameter yang dicerap telah melebihi piawai seperti yang telah ditetapkan oleh JAS Malaysia. Dalam hal ini, data kualiti air bawah tanah yang diperoleh akan dibandingkan dengan Standard Kualiti Air Kebangsaan untuk Malaysia (NWQSM) (Jadual 2), Kegunaan dan Kelas Air (Jadual 3), Klasifikasi IKA JAS (Jadual 4) dan Klasifikasi IKA JAS berdasarkan IKA (Jadual 5). Sementara itu, formula dan pengiraan IKA ditunjukkan dalam Jadual 6. Data kualiti air bawah tanah di keempat-empat stesen cerapan dipersembahkan dalam bentuk jadual dan rajah bagi memberikan gambaran sebenar tentang status kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas.

Jadual 2: Standard kualiti air kebangsaan untuk Malaysia

Paramater	Unit	Kelas					
		I	IIA	IIB	III	IV	V
NH ₃ N	mg/l	0.1	0.3	0.3	0.9	2.7	>2.7
BOD	mg/l	1	3	3	6	12	>12
COD	mg/l	10	25	25	50	100	>100
DO	mg/l	7	5-7	5-7	3-5	<3	<1
pH	-	6.5-8.5	6-9	6-9	5-9	5-9	-
Warna	TCU	15	150	150	-	-	-
Konduktiviti	S/cm	1000	1000	-	-	6000	-
<i>Floatables</i>	-	N	N	N	-	-	-
Bau	-	N	N	N	-	-	-
Saliniti	%	0.5	1	-	-	2	-
Rasa	-	N	N	N	-	-	-
TDS	mg/l	500	1000	-	-	4000	-
TSS	mg/l	25	50	50	150	300	300
Suhu	°C	-	Normal +2°C	-	Normal +2°C	-	-
Kekeruhan	NTU	5	50	50	-	-	-
<i>Faecal Coliform</i>	count/100ml	10	100	400	5000	5000	-
Jumlah Koliform	count/100ml	100	5000	5000	(20000) ^a 50000	(20000) ^a 50000	>50000

Sumber: JAS (2018)

Jadual 3: Pengkelasan kualiti air dan kegunaannya

Kelas	Kegunaan
Kelas I	Pemeliharaan untuk persekitaran semula jadi Bekalan air I – secara praktiknya tidak memerlukan rawatan Perikanan II – untuk spesies akuatik yang sangat sensitif
Kelas IIA	Bekalan air II – memerlukan rawatan konvensional Perikanan II – untuk spesies yang sensitif
Kelas IIB	Sesuai untuk aktiviti rekreasi yang melibatkan sentuhan badan
Kelas III	Bekalan air III – memerlukan rawatan yang intensif Perikanan III – untuk minuman binatang ternakan
Kelas IV	Pengairan
Kelas V	Selain daripada aktiviti di atas

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2018)

Jadual4: Klasifikasi IKA JAS Malaysia

Parameter	Unit	Kelas IKA				
		I	II	III	IV	V
DO	mg/l	> 7	6 - 7	3 - 5	1 - 3	< 1
pH		> 7	6 - 7	5 - 6	< 5	> 5
BOD	mg/l	< 1	1 - 3	3 - 6	6 - 12	> 12
COD	mg/l	< 10	10 - 25	25 - 50	50 - 100	> 100
TSS	mg/l	< 25	25 - 50	50 - 150	150 - 300	> 300
NH ₃ N	mg/l	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.9	0.9 - 2.7	> 2.7
IKA		> 92.7	76.5 - 92.7	51.9 - 76.5	31.0 - 51.9	< 31.0

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2018)

Jadual5: Julat indeks kualiti air berdasarkan IKA

Sub Indeks & Indeks Kualiti Air	Julat Indeks		
	Bersih	Sederhana Tercemar	Tercemar
Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)	91 – 100	80 – 90	0 – 79
Ammonia Nitrogen (NH ₃ N)	92 – 100	71 – 91	0 – 70
Pepejal Terampai (SS)	76 – 100	70 – 75	0 – 69
Indeks Kualiti Air (IKA)	81 – 100	60 – 80	0 – 59

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2018)

Jadual6: Formula pengiraan kualiti air berdasarkan IKA

$$\text{IKA} = (0.22 * \text{SIDO}) + (0.19 * \text{SIBOD}) + (0.16 * \text{SICOD}) + (0.15 * \text{SIAN}) + (0.16 * \text{SISS}) + (0.12 * \text{SipH})$$

di mana:

SIDO = sub indeks DO (% saturation)

SIBOD = sub indeks BOD

SICOD = sub indeks COD

SIAN = sub indeks NH₃N

SISS = sub indeks SS
SlpH = sub indeks pH
 $0 \leq \text{IKA} \leq 100$

Sub indeks DO (mg/l)	
SIDO = 0	$x \leq 8$
SIDO = 100	$x \geq 92$
$\text{SIDO} = -0.395 + 0.030x^2 - 0.00020x^3$	$8 < x < 92$
Sub indeks BOD (mg/l)	
SIDOD = 100.4 - 4.23x	$x \leq 5$
$\text{SIDOD} = 108 * \exp(-0.055x) - 0.1x$	$x > 5$
Sub indeks COD (mg/l)	
SICOD = -1.33x + 99.1	$x \leq 20$
$\text{SICOD} = 103 * \exp(-0.0157x) - 0.04x$	$x > 20$
Sub indeks NH₃N (mg/l)	
SIAN = 100.5 - 105x	$x \leq 0.3$
$\text{SIAN} = 94 * \exp(-0.573x) - 5 * 1 x - 2.1$	$0.3 < x < 4$
SIAN = 0	$x \geq 4$
Sub indeks SS (mg/l)	
SISS = 97.5 *exp(-0.00676x) + 0.05x	$x \leq 100$
$\text{SISS} = 71 * \exp(-0.0061x) - 0.015x$	$100 < x < 1000$
SISS = 0	$x \geq 1000$
Sub index pH (mg/l)	
SlpH = 17.2 - 17.2x + 5.02x ²	$x < 5.5$
$\text{SlpH} = -242 + 95.5x - 6.67x^2$	$5.5 \leq x < 7$
$\text{SlpH} = -181 + 82.4x - 6.05x^2$	$7 \leq x < 8.75$
$\text{SlpH} = 536 - 77.0x + 2.76x^2$	$x \geq 8.75$

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2018)

DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Kualiti Air Bawah Tanah Berdasarkan Parameter

Analisis kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas adalah berdasarkan lapan parameter iaitu SAL, TDS, DO, BOD, COD, pH, NH₃N dan TSS. Dapatan kajian dalam bahagian ini menghuraikan nilai parameter kualiti air bawah tanah berdasarkan empat kawasan kajian yang ditetapkan di samping membandingkan nilai yang diperoleh sama ada pada musim tiupan angin Monsun Barat Daya (MBD), peralihan monsun (PM) dan Monsun Timur Laut (MTL). Rajah 2 menunjukkan tahap kemasinan air yang wujud dalam larutan air bawah tanah bagi setiap stesen pensampelan. Perbezaan saliniti di setiap stesen ini mempunyai faktor semula jadi di dalam rongga tanah semasa proses penyusupan berlaku di kawasan tersebut. Cerapan dilakukan ke atas jumlah kelarutan garam atau kemasinan air bawah tanah di kawasan kajian memandangkan kedudukan stesen cerapan yang terletak hamper dengan pinggir pantai. Daripada data yang diperoleh jelas dilihat nilai saliniti pada Stesen 1 (S1) berada kedudukan yang tinggi sepanjang tiga kali cerapan berbanding stesen-stesen yang lain. Nilai yang diperoleh di S1 pada MBD ialah 1.1 mg/l dan pada PM (1.09 mg/l) dan MTL (1.17 mg/l).

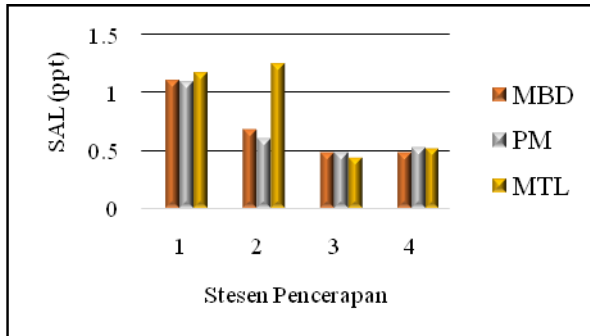
Seterusnya bacaan yang diperoleh di Stesen 2 (S2) mencatatkan bacaan kedua tertinggi antara kesemua stesen pencerapan. Di S2 pada MBD ialah 0.68 mg/l manakala pada PM mencatat nilai 0.6 mg/l serta pada MTL meningkat paling tinggi kepada 1.24 mg/l. Bagi Stesen 3 (S3) dan Stesen 4 (S4) menunjukkan purata nilai yang mendatar di antara kedua-dua stesen dengan perolehan nilai di S3 pada MBD dan PM ialah 0.48 mg/l serta menurun pada MTL kepada 0.44 mg/l. Manakala catatan pada Stesen 4 (S4) pada MBD ialah 0.48 mg/l dan pada PM kepada 0.52 mg/l serta pada MTL memperoleh nilai sebanyak 0.51 mg/l.

Daripada analisis ini, jelas dapat dilihat di S1 merupakan bacaan paling tinggi sepanjang tiga kali pencerapan dijalankan. Keadaan ini mungkin disebabkan oleh berlakunya penerobosan air laut ke dalam sistem akuifer di S1. Hal ini dibuktikan oleh Umar et al. (2009) yang berpendapat bahawa kemasinan air bawah tanah juga boleh terhasil apabila sempadan pertemuan air laut dengan air tawar bergerak ke arah daratan serta kebocoran zon air masin yang terdapat di bahagian bawah akuifer bergerak melalui kekar, rekahan atau sesar. Selain itu, lokasi S1 dan S2 adalah yang paling berdekatan dengan pinggir pantai dan ini mempengaruhi nilai SAL yang tinggi di kawasan berkenaan.

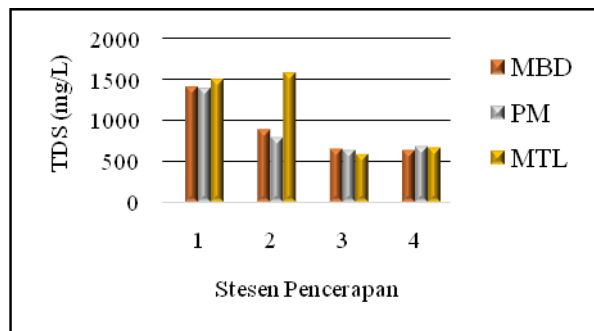
Sementara itu, Rajah 3 menunjukkan nilai parameter TDS yang diperoleh mengikut stesen dan pencerapan mengikut monsun di Pulau Kapas. Keadaan nilai yang berbeza ini turut dipengaruhi oleh kandungan SAL yang terlarut di dalam air bawah tanah serta mempengaruhi bacaan TDS. Kajian yang dijalankan ini mendapati nilai TDS berada pada julat 1495 mg/l dan 591 mg/l. Cerapan yang dijalankan menunjukkan nilai TDS dalam air bawah tanah di kawasan kajian adalah tinggi. NWQSM menetapkan TDS bagi kualiti air bagi Kelas II adalah 1000 mg/l dan Kelas I adalah 500 mg/l. Daripada data yang diperoleh jelas menunjukkan nilai TDS pada S1 adalah tinggi sepanjang tiga kali cerapan berbanding stesen-stesen yang lain. Nilai yang diperoleh di S1 pada MBD ialah 1404 mg/l, PM (1391 mg/l) dan MTL (1495 mg/l).

Seterusnya bacaan yang diperoleh di S2 mencatatkan bacaan tertinggi pada cerapan kali ketiga berbanding antara kesemua stesen pencerapan. Di S2 pada MBD ialah hanya 890.5 mg/l manakala pada PM mencatat nilai 793 mg/l serta pada MTL, meningkat kepada 1573 mg/l. Namun demikian, bagi S3 dan S4 menunjukkan purata nilai yang mendatar di antara kedua-dua stesen dengan perbezaan nilai yang kecil iaitu di S3 pada MBD iaitu 643.5 mg/l dan PM ialah 637 mg/l serta menunjukkan nilai yang lebih rendah pada MTL iaitu 591 mg/l. Manakala nilai yang diperoleh di S4 pada MBD ialah 637 mg/l, PM (689 mg/l) dan menurun pada MTL (669.5 mg/l).

Daripada analisis TDS, jelas menggambarkan TDS banyak terdapat di S1 dan turut menunjukkan perubahan ketara kepada S2 semasa MTL. Hal ini mungkin disebabkan oleh terdapatnya larutan bahan-bahan mineral yang terlarut di dalam air kerana ia turut dipengaruhi oleh SAL yang wujud bersama-sama di dalam air bawah tanah berkenaan. Hal ini kerana keputusan pada analisis kandungan SAL turut meningkat di S1 dan S2. Selain itu, menurut Siti Fazilatul Husni et al. (2013), ini mungkin disebabkan oleh fenomena hujan yang diterima kerana dapat melarutkan lebih banyak pepejal yang boleh larut di samping mengangkut lebih endapan dan larutan yang terdapat di dalam air. Secara keseluruhannya nilai TDS di kesemua stesen melebihi Kelas I dan II tetapi tidak melebihi Kelas IV.



Rajah 2: Nilai parameter SAL mengikut stesen dan musim



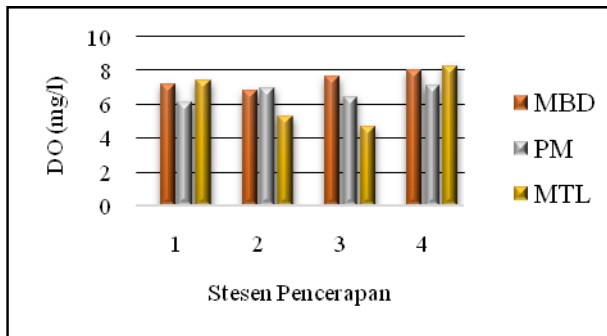
Rajah 3: Nilai parameter TDS mengikut stesen dan musim

Perbincangan seterusnya adalah berkaitan dengan parameter yang digunakan dalam menentukan IKA bagi stesen-stesen cerapan. Rajah 4 menunjukkan nilai parameter DO mengikut stesen dan perbandingan nilai bacaan berbeza dicatatkan pada setiap musim monsun yang berbeza. Daripada kajian yang dijalankan mendapati julat kandungan DO adalah antara 5.31 mg/L hingga 8.21 mg/L (Rajah 4.4). Berdasarkan pencerapan antara stesen yang dicerap bagi ketiga-tiga monsun mendapati nilai DO menunjukkan perubahan antara musim basah dan musim kering. Malahan, bacaan nilai turut sentiasa meningkat dari S1 kepada S4. Bermula daripada MBD, analisis yang diperolehi menunjukkan nilai DO di stesen S1 iaitu 7.15 mg/l meningkat kepada 8 mg/l di S4. Manakala nilai di S2 adalah 6.77 mg/l dan di S3 adalah 7.66 mg/l. Bagi pencerapan pada PM didapati nilai DO bagi S1 ialah 6.14 mg/l, meningkat kepada 6.93 mg/l di S2. Namun, di S3 nilai DO menurun kepada 6.44 mg/l dan meningkat semula di S4 yang merupakan bacaan paling tinggi antara stesen lain pada PM dengannilai 7.1 mg/l.

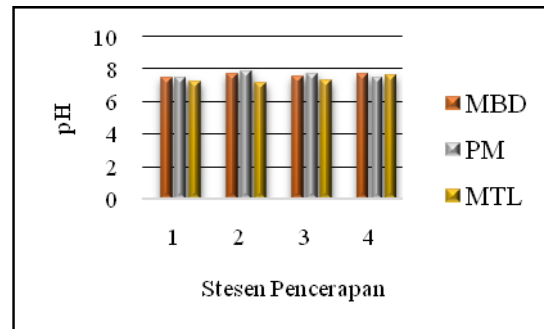
Pencerapan pada MTL pula menunjukkan bacaan nilai yang tinggi adalah di S1 (7.38 mg/l) dan S4 (8.21 mg/l). Namun, bacaan kandungan DO menurun di S2 (5.31 mg/l) serta turun kepada 4.68 mg/l di S3. Kandungan DO yang rendah jelas dapat dilihat pada MTL di S3 dengan nilai 4.68 mg/l manakala kandungan DO tertinggi adalah pada monsun yang sama di S4 iaitu 8.21 mg/l iaitu ketika pencerapan dilakukan berlakunya penerimaan hujan yang banyak pada MTL. Berdasarkan nilai DO di kesemua stesen mendapati berada pada Kelas I dan II kecuali di S3 dengan nilai DO iaitu 4.68 mg/l iaitu berada pada Kelas III. Hal ini dapat dibuktikan bahawa kadar DO adalah bergantung kepada hasil buangan organik atau bahan organik yang memerlukan oksigen dan menyebabkan kandungan DO di dalam air menjadi rendah serta turut dipengaruhi oleh kekuatan olakan air (Noraini et al., 2013).

Seterusnya, nilai parameter pH di kawasan kajian ialah 7.15 hingga 7.85 (Jadual 5). Hasil kajian menunjukkan bahawa kesemua stesen pencerapan bagi pH berada dalam Kelas I mengikut pengelasan IKA JAS. Daripada nilai pH yang direkodkan menunjukkan pH air bawah tanah bagi kawasan kajian berada dalam keadaan yang stabil daripada setiap stesen mengikut musim monsun yang telah dicerap. Bacaan pH yang tinggi direkodkan adalah di S4 (7.67) pada MBD dan pada MTL (7.61) serta PM (7.5). Seterusnya nilai kedua tertinggi adalah di S2 dengan catatan 7.69 pada MTL dan meningkat kepada 7.85 semasa PM serta menurun semasa MTL iaitu 7.15. Bagi S3 pula pada PM adalah tinggi iaitu 7.74 dan diikuti oleh nilai pada MBD (7.56) dan menurun semasa MTL (7.27). Nilai pH yang diperolehi ini menunjukkan bacaan adalah 'neutral' iaitu skala pengukuran menunjukkan keadaan air tersebut tidak berasid atau beralkali (Rosner, 2018).

Manakala di S1 menunjukkan nilai pH yang paling rendah antara kesemua stesen iaitu pada MBD (7.45) diikuti dengan PM (7.43) serta nilai paling rendah adalah pada MTL (7.22). Pengurangan dan peningkatan nilai pH ini mungkin disebabkan faktor persekitaran pulau serta disebabkan oleh pengaruh air laut yang mempunyai pH yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pH air tawar (Suratman & Norhayati, 2013).



Rajah 4: Nilai parameter DO mengikut stesen dan musim



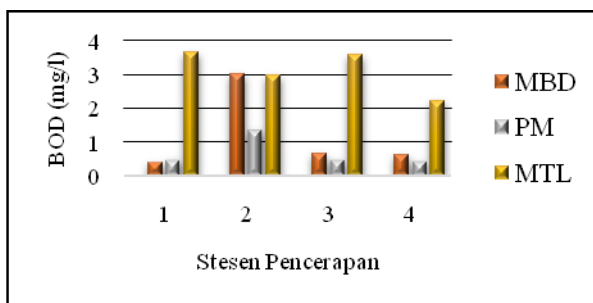
Rajah 5: Nilai parameter pH mengikut stesen dan musim

Rajah 6 pula menunjukkan nilai parameter BOD di Pulau Kapas dan mendapati julat bacaan BOD berada di antara 0.38 mg/l hingga 3.58 mg/l iaitu dalam Kelas I hingga III berdasarkan klasifikasi IKA JAS. Berdasarkan analisis ini, perbezaan bacaan BOD di kesemua stesen pensampelan pada MTL adalah paling tinggi berbanding musim yang lain. Data yang diperoleh jelas dilihat pada MTL di S1 mencatat nilai tertinggi iaitu 3.66 mg/l dan diikuti S3 (3.58 mg/l), S2 (2.98 mg/l) serta S4 (2.2 mg/l). Pada MBD pula, kesemua stesen cerapan menunjukkan nilai yang berbeza dan bacaan tertinggi antara kesemua stesen iaitu di S2 dengan nilai 3.02 mg/l. Seterusnya nilai BOD dicatat rendah di S3 (0.64 mg/l), S4 (0.6 mg/l) dan S1 (0.38 mg/l). Manakala pada PM pula, nilai bacaan tertinggi ialah di S2 (1.34 mg/l) dan S1 (0.48 mg/l). Nilai BOD menunjukkan bacaan yang rendah di S3 (0.46 mg/l) serta di S4 (0.42 mg/l).

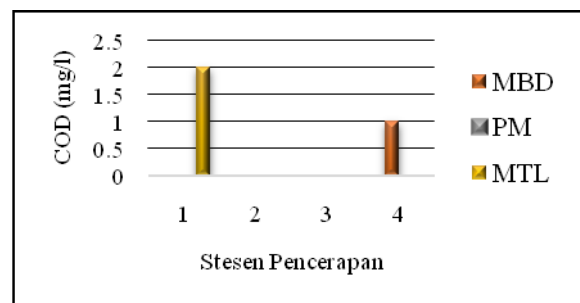
Jika dibandingkan nilai BOD, kesemua stesen cerapan menunjukkan purata nilai yang tinggi pada MTL. Nilai BOD yang tinggi ini memberi gambaran terdapatnya bahan organik yang boleh diuraikan oleh mikroorganisma dan lebih banyak oksigen yang digunakan kerana proses penguraian ini memerlukan oksigen. Nilai BOD yang tinggi di kesemua stesen semasa MTL memberi gambaran kualiti air berada pada Kelas III berdasarkan klasifikasi IKA JAS. Oleh itu, kualiti air di kawasan berkenaan memerlukan rawatan lanjut sebelum ia boleh digunakan dan menurut Nurfadzlina dan Munirah (2012), parameter BOD ini dijadikan petunjuk kepada darjah pencemaran sesuatu air. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahawa air yang diuji berada dalam dalam status tercemar.

Sementara itu, Rajah 7 menunjukkan nilai bacaan COD yang dianalisis mengikut stesen cerapan mengikut musim. Didapati kepekatan COD dalam air bawah tanah di kawasan kajian tidak tercemar dengan majoriti keputusan analisis mendapati nilai 'nd' atau *not-detect* atau dibawah nilai klasifikasi IKA berdasarkan JAS. Sepanjang tempoh kajian, julat nilai kepekatan COD untuk semua stesen cerapan ialah 0 mg/l hingga 2 mg/l (Rajah 7). Kesemua sampel kualiti air bagi semua stesen dan musim berada pada Kelas I iaitu di bawah 10 mg/l. Kelas I menunjukkan air yang dianalisis bebas daripada bahan pencemar organik terutamanya dari sisa kumbahan.

Nilai COD yang diperoleh mengikut perbandingan stesen pada MBD di S2 dan S3 tidak dikesan iaitu dengan nilai bacaan 'nd' diikuti S1 (0 mg/l) dan S4 (1 mg/l). Pada PM pula, kesemua stesen menunjukkan air bawah tanah pada ketika ini tidak tercemar dengan bacaan analisis 'nd'. Seterusnya, nilai COD bagi MTL terdapatnya nilai yang paling tinggi di S1 iaitu 2 mg/l diikuti di S4 (0 mg/l). Manakala di S2 dan S3 bacaan diperoleh dengan status 'nd' bagi kedua-dua stesen tersebut. Dengan nilai tersebut, parameter COD berada pada Kelas I iaitu kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas menunjukkan tiada pencemar organik yang wujud daripada kumbahan domestik dari penduduk atau pelancong. Hal ini kerana kegunaan COD secara meluas untuk menentukan kepekatan sisa-sisa kumbahan dan digunakan terutamanya untuk campuran pencemar seperti kumbahan domestik, industri dan biologikal (Suratman & Norhayati, 2013).



Rajah 6: Nilai parameter BOD mengikut stesen dan musim



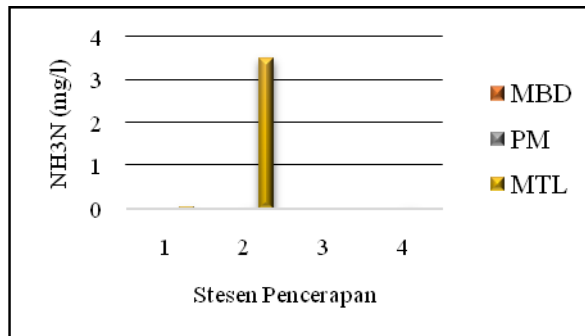
Rajah 7: Nilai parameter COD mengikut stesen dan musim

Perbincangan selanjutnya adalah parameter NH_3N dan TSS. Rajah 8 menunjukkan bacaan bagi parameter NH_3N dengan julat kepekatan NH_3N bagi setiap stesen cerapan adalah antara 0.01 mg/l hingga 3.5 mg/l. Majoriti pensampelan yang diambil dan dianalisis memperoleh Kelas I iaitu bacaan < 0.1 mg/l dan hanya satu sampel yang mencatatkan Kelas V iaitu dengan bacaan 3.5 mg/l berdasarkan klasifikasi IKA JAS. Parameter NH_3N biasanya memberi petunjuk bahawa sesuatu badan air telah mengalami pencemaran yang disebabkan oleh sisa kumbahan domestik iaitu najis manusia (Lin et al., 2010; Mohamed et al., 2014). Berkemungkinan di S2, air bawah tanah telah mengalami pencemaran akibat daripada aktiviti pelancongan iaitu sisa kumbahan yang tidak diuruskan dengan baik menyebabkan nilai NH_3N tinggi semasa cerapan pada MTL. Namun begitu, analisis kajian mendapati majoriti sampel memperoleh status 'nd'. Semasa pencerapan MBD, kesemua stesen dari S2 hingga S4 memperoleh bacaan 'nd' manakala PM di S1 dan S3 serta MTL di S3 dan S4.

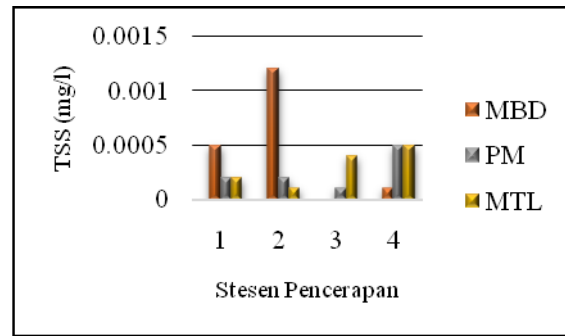
Berdasarkan Rajah 9 pula menunjukkan analisis makmal ke atas TSS dan didapati julat nilai TSS adalah di antara 0 – 0.0012 mg/l. Berdasarkan klasifikasi IKA JAS, TSS bagi kesemua stesen berada pada Kelas I iaitu < 25 mg/l. Nilai maksimum yang direkodkan adalah pada MBD di S2 (0.0012 mg/l), diikuti dengan S1 (0.0005 mg/L) manakala di S4 (0.0001 mg/l) dan di S3 tiada TSS dicatatkan iaitu nilai 0 mg/l. Nilai TSS juga dicatatkan pada MTL dengan bacaan 0.0005 mg/l di S4 diikuti bacaan di S3 (0.0004 mg/l), S1 (0.0002 mg/l) serta S2 (0.0001 mg/l). Purata nilai pada PM tercatat paling rendah iaitu 0.0005 mg/l di S4 diikuti pula persamaan nilai antara S1 dan S2 dengan nilai 0.0002 mg/l serta di S3 (0.0001 mg/l). Hasil analisis ini mendapati perolehan sampel melalui pemerhatian yang dianalisis adalah air yang tidak tercemar dan juga kurang mengandungi pepejal terampai.

Tambahan pula, keadaan ini mungkin disebabkan oleh air bawah tanah yang diambil telah pun dilakukan rawatan penapisan pepejal terampai sebelum air disalurkan ke kawasan

penginapan para pelancong. Hasil ujian TSS di makmal ini juga mungkin daripada cebisan partikel terampai yang wujud atau keadaan saluran yang tercemar di kawasan kajian kerana bahan terampai di dalam air terdiri daripada bahan bukan organik atau partikel organik atau bahan yang tidak boleh larut dalam air. Pepejal bukan organik seperti tanah liat, kelodak dan lain-lain partikel dalam tanah manakala bahan organik pula adalah seperti gentian tumbuhan dan mikroorganisma seperti alga dan bakteria (Nurfadzlina & Munirah, 2012).



Rajah 8: Nilai parameter NH₃N mengikut stesen dan musim



Rajah 9: Nilai parameter TSS mengikut stesen dan musim

Penentuan Kualiti Air Bawah Tanah Berdasarkan IKA JAS Malaysia

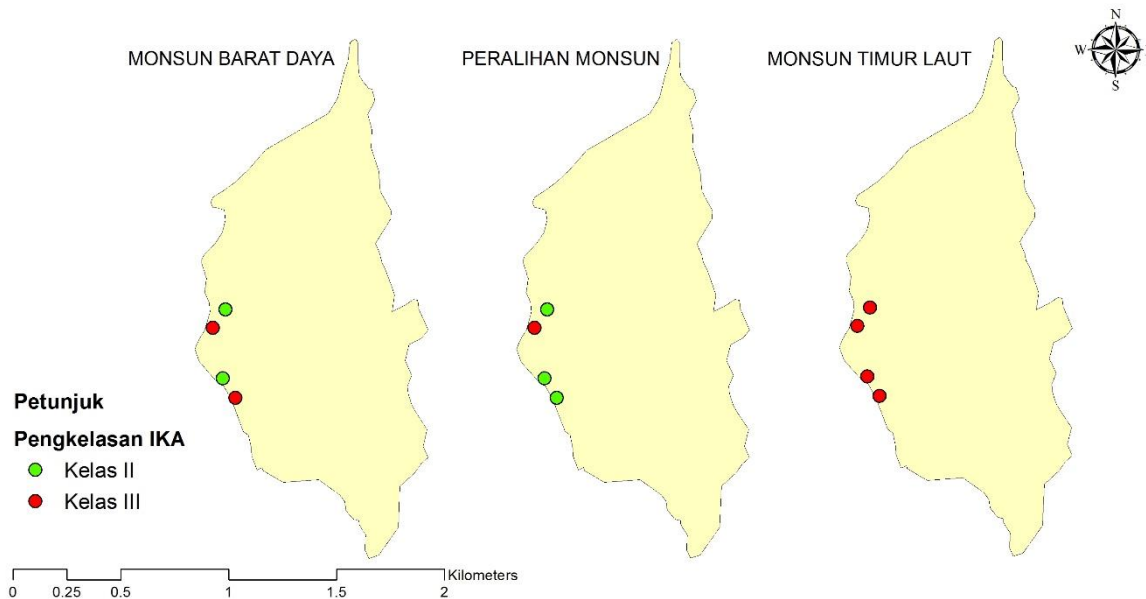
IKA sangat penting dilakukan untuk mengetahui status kualiti air permukaan atau air bawah tanah. Ini dilakukan bagi memastikan kesesuaian kegunaan air untuk pelbagai tujuan seperti sumber bekalan air domestik, aktiviti perindustrian dan pengairan di kawasan pertanian. Dalam konteks penulisan artikel ini, Klasifikasi IKA JAS dan Kelas Air dan Kegunaannya telah digunakan dalam menentukan status kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas. Penentuan IKA air bawah tanah di Pulau Kapas ini hanya menggunakan enam parameter sahaja iaitu DO, pH, BOD, COD, TSS dan NH₃N. Nilai bacaan IKA ini adalah hasil daripada setiap parameter yang dianalisis berdasarkan formula IKA seperti dalam Jadual 6. Dapatan analisis IKA memberikan petunjuk status semasa air bawah tanah di kawasan kajian sama ada tergolong dalam Kelas I (>92.7), Kelas II (76.5-92.7), Kelas III (51.9-76.5), Kelas IV (31.0-51.9) atau Kelas V (<31.0). Seterusnya, berdasarkan Klasifikasi Kualiti Air JAS berdasarkan IKA, status kualiti air bawah tanah dibahagikan kepada tiga iaitu bersih (81-100), sederhana tercemar (60-80) dan tercemar (0-59).

Secara puratanya, julat IKA ialah antara 61 hingga 77 iaitu dengan majoriti mendapat Kelas II dan III dengan status sederhana tercemar (Jadual 7 dan Rajah 10). Pada MBD, S1 dan S3 mencatatkan Kelas II dan S2 dan S4 mencatatkan Kelas III. Semasa PM pula, tiga stesen mencatatkan kualiti air Kelas II iaitu S1, S3 dan S4. Sementara itu, semasa MTL, semua stesen mencatatkan kualiti air bawah tanah Kelas III. Justeru, untuk dijadikan sebagai bekalan air minuman dan kegunaan domestik yang lain, air bawah tanah di kawasan ini perlu dirawat terlebih dahulu dengan menggunakan kaedah konvensional dan juga intensif. Ini bagi tujuan, para pengguna khususnya pelancong mendapat dan menggunakan sumber air yang bersih sebelum digunakan. Kajian ini selaras dengan kajian yang dilakukan sebelum ini apabila sesebuah kawasan khususnya di kawasan pulau dimajukan untuk pelbagai aktiviti telah menyumbang kepada kemerosotan kualiti air bawah tanah (Koh et al., 2007; Lin et al., 2010; Mohamed et al., 2014; Mondal et al., 2008; Singh et al., 2009). Justeru itu, perolehan

nilai pada MTL bagi kesemua stesen cerapan di kawasan kajian secara relatifnya mempunyai nilai IKA paling rendah berbanding PM dan MBD. Hal ini disebabkan oleh kepekatan BOD, COD, TSS dan NH₃N yang tinggi sementara nilai DO yang rendah banyak menyumbang kepada kemerosotan kualiti air di kesemua stesen pensampelan yang diambil ketika MTL.

Jadual 7: Nilai IKA dan kelas untuk setiap stesen cerapan kualiti air bawah di Pulau Kapas

Stesen	MBD			PM			MTL		
	IKA	Kelas	Status	IKA	Kelas	Status	IKA	Kelas	Status
1	77	II	Sederhana tercemar	77	II	Sederhana tercemar	73	III	Sederhana Tercemar
2	75	III	Sederhana tercemar	76	III	Sederhana tercemar	61	III	Sederhana Tercemar
3	77	II	Sederhana tercemar	77	II	Sederhana tercemar	75	III	Sederhana Tercemar
4	76	III	Sederhana tercemar	77	II	Sederhana tercemar	76	III	Sederhana tercemar



Rajah 10: IKA bagi stesen cerapan di Pulau Kapas mengikut musim

KESIMPULAN

Air bawah tanah sangat diperlukan sebagai keperluan domestik khususnya di kawasan pulau yang kurang sumber air permukaan. Dapatan kajian yang dijalankan di Pulau Kapas, Marang Terengganu mendapati status kualiti air bawah tanah berada pada Kelas II dan III dengan berstatus sederhana tercemar. Dengan pengkelasan yang diperolehi, air bawah tanah di Pulau Kapas ini memerlukan rawatan konvensional untuk Kelas II dan memerlukan rawatan yang intensif untuk Kelas III. Hal ini kerana penggunaan air bawah tanah ini tidak digalakkan

untuk terus diminum kerana mengandungi bahan-bahan pencemar dari sistem akuifer bawah tanah semasa proses mengepam air dilakukan. Namun, ia masih sesuai untuk digunakan yang melibatkan sentuhan badan serta sebagai minuman haiwan tanpa perlu dirawat. Oleh itu, pusat penginapan yang menyalurkan air bawah tanah untuk diguna pakai di kawasan penginapan pelancong perlu menitikberatkan penggunaannya terutama ke atas proses penyediaan makanan dan minuman kepada pengunjung agar terhindar daripada sebarang penyakit yang berpunca daripada air bawah tanah.

Penentuan status IKA ini dinilai berdasarkan enam parameter utama iaitu melibatkan ujian DO, COD, BOD, SS, NH₃N dan pH. Daripada keenam-enam parameter ini parameter yang paling tercemar bagi kualiti air bawah tanah ini adalah parameter NH₃N kerana melebihi standard yang telah ditetapkan. Nilai NH₃N yang wujud melebihi standard ini diperolehi dengan nilai 3.5 mg/l di S2 pada MTL yang berada pada Kelas V dan merupakan status sangat tercemar. Bagi parameter DO, pH, COD, TSS menunjukkan pada kelas yang selamat iaitu Kelas I. Kesemua stesen untuk ujian parameter DO, pH, COD dan TSS berada di bawah standard yang ditetapkan iaitu dengan purata nilai > 7 mg/l bagi DO, >7 bagi pH, < 10 mg/l bagi COD dan < 25 mg/l bagi TSS. Daripada pengkelasan parameter yang diperolehi ini berada pada Kelas I, maka dengan ini dapat dirumuskan bahawa kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas bebas daripada pencemaran iaitu bagi parameter DO, COD dan TSS.

Berdasarkan kepada analisis kualiti air bawah tanah yang dijalankan memberi penjelasan status kualiti air bawah tanah adalah selamat digunakan sebagai penggunaan luaran iaitu melibatkan sentuhan badan seperti mandi, membasuh dan sebagainya. Namun begitu, jika penggunaannya untuk tujuan minuman dan penyediaan makanan perlu diberi rawatan konvensional dan intensif sebelum digunakan. Nilai IKA paling rendah yang diperolehi untuk kualiti air bawah tanah di Pulau Kapas ini adalah 61 peratus. Nilai ini telah mencatat Kelas III dengan status sederhana tercemar namun masih selamat untuk digunakan untuk luaran daripada badan manusia dan juga masih selamat sebagai sumber minum untuk haiwan.

RUJUKAN

- American Public Health Association. (2005). Standard methods for the examination of water & wastewater. (Vol. 21). United States: American Public Health Association.
- Aris, A. Z., Abdullah, M. H., & Praveena, S. M. (2009). Evolution of groundwater chemistry in the shallow aquifer of a small tropical Island in Sabah, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 38(6), 805–812.
- Fadaei, A., & Sadeghi, M. (2014). Evaluation and assessment of drinking water quality in Shahrekord, Iran. *Resources and Environment*, 4(3), 168-172.
- International Groundwater Resources Assessment Centre. (2016). Groundwater monitoring in small island developing states in the Pacific. Netherland: IGRAC.
- Jabatan Alam Sekitar. (2018). Laporan kualiti alam sekeliling 2017. Putrajaya: Jabatan Alam Sekitar, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar.
- Khan, A., & Qureshi, F. R. (2018). Groundwater quality assessment through Water Quality Index (WQI) in New Karachi Town, Karachi, Pakistan. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 15(1), 41-46.
- Koh, D.-C., Ko, K. -S., Kim, Y., Lee, S. -G., & Chang, H. -W. (2007). Effect of agricultural land use on the chemistry of groundwater from basaltic aquifers, Jeju Island, South

- Korea. Hydrogeology Journal, 15, 727-743.
- Krishan, G., Singh, S., Singh, R. P., Ghosh, N. C., & Khanna, A. (2016). Water quality index of groundwater in Haridwar District, Uttarakhand, India. *Water and Energy International*, January 2016, 55-58.
- Kumar, S. K., Logeshkumaran, A., Magesh, N. S., Godson, P. S., & Chandrasekar, N. (2015). Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Appl. Water Sci.*, 5, 335-343.
- Lin, C. Y., Abdullah, M. H., Musta, B., Aris, A. Z., & Praveena, S. M. (2010). Assessment of selected chemical and microbial parameters in groundwater of Pulau Tiga, Sabah, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 39(3), 337-345.
- Luthfi, A., Maryunani, Saleh, M., & Cahyo, H. (2017). Analysis of sustainable groundwater resources management in Jember District (Study in Sumberjati Village, Silo Sub-District). *Resources and Environment*, 7(5), 115-123.
- Majlis Daerah Marang. (2018). Destinasi menarik. Diperoleh daripada <http://www.mdmarang.gov.my/ms/pelawat/destinasi-menarik/pulau-kapas>
- Moayedi, H., Huat, B. B. K., Asadi, A., Kazemian, S., & Mohammad Ali, T. A. (2011). Groundwater quality assessment of Labuan Island. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(18), 4441-4449.
- Mohamed, A. A. J., Abdul Rahman, I., & Lim, L. H. (2014). Groundwater quality assessment in the urban-west region of Zanzibar Island. *Environ. Monit. Assess.*, 186, 6287-6300.
- Mohd Zul Asyraf, M. K., Md Hashim, N., & Mohd Zin, M. S. (2015). Seawater intrusion in the ground water aquifer in the Kota Bharu District, Kelantan. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, Special Issue, 2015, 320-327.
- Mondal, N. C., Singh, V. S., Saxena, V. K., & Prasad, R. K. (2008). Improvement of groundwater quality due to fresh water ingress in Potharlanka Island, Krishna delta, India. *Environ. Geol.*, 55, 595-603.
- Muhammad Fuad Razali, Wan Syaidatul Aqma Wan Mohd Noor, Aznan Fazli, & Norsyafina Roslan. (2017). Analisis kualiti air bawah tanah di Lebuh raya SILK Kajang – Sungai Long, Hulu Langat, Selangor. *Undergraduate Research Journal for Earth Sciences*, 2017, 46-50.
- Noraini, M., Mohd Adam, O., & Sumayyah Aimi, M. N. (2013). Kualiti air di empangan Timah Tasoh dan kawasan tadahannya. Dlm. Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Mohmadisa Hashim & Nasir Nayan (pnyt.), *Hidrologi dan pengurusan sumber air di Malaysia* (pp. 99–113). Tanjung Malim: Jabatan Geografi dan Alam Sekitar.
- Nurfadzlina, M. R., & Munirah, D. S. (2012). Kajian kualiti air sungai Bedil berdasarkan “Water Quality Index (WQI)”. Dlm. Seminar Penyelidikan & Inovasi 2012 Giatmara Bandar Kuching. Diperoleh daripada <https://docplayer.net/47781054-Kajian-kualiti-air-sungai-bedil-berdasarkan-water-quality-index-wqi.html>
- Rahayu, E. O., Aji, A., & Tukidi. (2019). Sebaran kelayakan air sumur sebagai air baku minum di Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Kota Semarang tahun 2018. *Geo Image*, 8(1), 1-8.
- Rosner, B. (2018). Measuring the “Power of Hydrogen Ions” (pH). Diperoleh daripada <https://www.carolina.com/teacher-resources/Interactive/measuring-the-power-of-hydrogen-ions/tr10793.tr>
- 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). Tanjung Malim: Jabatan Geografi dan Alam Sekitar.
- Suratman, S., & Norhayati, M.T. (2013). Kesan antropogenik terhadap kualiti air di lembangan sungai Marang, perairan Laut China Selatan. *Sains Malaysiana*, 42(6), 743-751.
- Theophile, R., Razanamparany, B., & Andrianainarivelo, M. (2017). Physico-chemical analysis of the water of the well of Ampombilava in the District of Nosy-Be. *Resources and Environment*, 7(3), 81-86.
- Umar Hamzah, Abdul Rahim Samsudin, Abdul Ghani Rafek, & Khairul Azlan Razak. (2009). Kemasinan air perigi dan subpermukaan lembangan tuba Langkawi dengan analisis hidrokimia dan survei keberintangan elektrik menegak. *Sains Malaysiana*, 38(6), 851-856.

MAKLUMAT PENULIS

MOHMADISA HASHIM

Universiti Pendidikan Sultan Idris
mohmadisa@fsk.upsi.edu.my

ARIJATUL WARDAH AHMAD

Universiti Pendidikan Sultan Idris
warda08.ahmad@gmail.com

NASIR NAYAN

Universiti Pendidikan Sultan Idris
nasir@fsk.upsi.edu.my

ZAHID MAT SAID

Universiti Pendidikan Sultan Idris
zahid@fsmt.upsi.edu.my

HANIFAH MAHAT

Universiti Pendidikan Sultan Idris
hanifah.mahat@fsk.upsi.edu.my

YAZID SALEH

Universiti Pendidikan Sultan Idris
yazid@fsk.upsi.edu.my

KOH LIEW SEE

Universiti Pendidikan Sultan Idris
kohliewsee89@gmail.com