

Penggunaan Pasir Silika dan Karbon Teraktif sebagai Medium bagi Merawat Air Bawah Tanah di Hulu Langat, Selangor

(The Use of Silica Sand and Activated Carbon as a Medium for Treating Groundwater in Hulu Langat, Selangor)

NOOR FATINAH MOHAMAD¹, NORSYAFINA ROSLAN^{1,*}, AZHAR ABDUL HALIM¹ & WAN NEQHAICAL WAN ABDUL KARIM²

¹Jabatan Sains Bumi & Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

²Jabatan Mineral dan Geosains Selangor/Wilayah Persekutuan, Bangunan Darul Ehsan, Aras 6 & 7, No. 3, Jalan Indah, Seksyen 14, 40000 Shah Alam, Selangor, Malaysia

Diserahkan: 16 Mei 2024/Diterima: 10 September 2024

ABSTRAK

Masalah utama yang dihadapi oleh pengguna air bawah tanah di Malaysia adalah kandungan mineral oksida besi yang tinggi. Komposisi air bawah tanah adalah dipengaruhi oleh geologi dan hidrogeologi setempat. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengkaji potensi pasir silika dan karbon teraktif sebagai medium yang berkesan bagi merawat air bawah tanah di beberapa lokaliti terpilih di Hulu Langat, Selangor. Kajian dimulakan dengan aktiviti pemetaan geologi di kawasan kajian dan mentafsir data lubang gerudi bagi menghasilkan model konsep geologi kawasan kajian. Data paras air bawah tanah dan data kimia air bagi telaga abstraksi di Hulu Langat dianalisis bagi menghasilkan ciri hidrogeologi kawasan kajian. Sampel air bawah tanah di kawasan kajian dianalisis secara *in situ* menggunakan YSI Pro 1030 MPS (suhu, pH, kemasinan dan jumlah pepejal terlarut) dan kit ujian (nilai kekerasan dan kandungan besi). Sampel air dirawat menggunakan turus penjerapan dengan pasir silika pelbagai saiz dan karbon teraktif sebagai medium. Parameter fiziko kimia bagi sampel air bawah tanah terawat dianalisis menggunakan YSI Pro 1030 MPS dan Kit Ujian. Litologi utama kawasan kajian adalah granit biotit. Lapisan tanah baki menindih lapisan batuan granit yang teretak membentuk lapisan akuifer terkekang. Air bawah tanah di kawasan kajian adalah dominan dengan unsur Na^+ , K^+ dan HCO_3^- , hasil interaksi antara air bawah tanah dengan medium akuifer dan aktiviti guna tanah di sekitar telaga abstraksi. Kajian turus penjerapan menggunakan pasir pelbagai saiz dan karbon teraktif sebagai medium didapati lebih berkesan berbanding menggunakan medium pasir sahaja. Sistem rawatan yang dihasilkan ternyata berkesan dalam meneutralkan air bawah tanah yang berasid, mengurangkan kekerasan air dan menyingkirkan kandungan besi.

Kata kunci: Karbon teraktif; pasir silika; penjerapan; rawatan air bawah tanah

ABSTRACT

The main problem faced by groundwater users in Malaysia is the high content of iron oxide minerals. The composition of groundwater is influenced by local geology and hydrogeology. Therefore, this study was conducted to assess the potential of silica sand and activated carbon as effective media for treating groundwater in selected locations in Hulu Langat, Selangor. The study began with geological mapping activities in the study area and interpreting drilling data to produce a conceptual geological model of study area. Groundwater level data and chemistry data for abstraction wells in Hulu Langat were analyzed to produce hydrogeological characteristics of the study area. Groundwater samples in study area were analyzed *in situ* using YSI Pro 1030 MPS (for temperature, pH, salinity, and total dissolved solids values) and test kits (for hardness, iron, and chlorine content). Groundwater samples were treated using filtration through various sizes of silica sand and activated carbon as media. The treated groundwater samples were analyzed using YSI Pro 1030 MPS and test kits. The main lithology of the study area is biotite granite. The residual soil layer overlays the fractured granite rock layer, forming a confined aquifer layer. Groundwater in the study area is composed of Na^+ , K^+ , and HCO_3^- ions and was dominated by the interaction between groundwater within the aquifer lithology and land use activities around the abstraction well. Filtration studies using various sizes of sand and activated carbon as media were found to be more effective than using sand alone. The treatment system produced was effective in neutralizing acidic groundwater, reducing water hardness, and removing iron content.

Keywords: Absorbent; activated carbon; groundwater treatment; silica sands

PENGENALAN

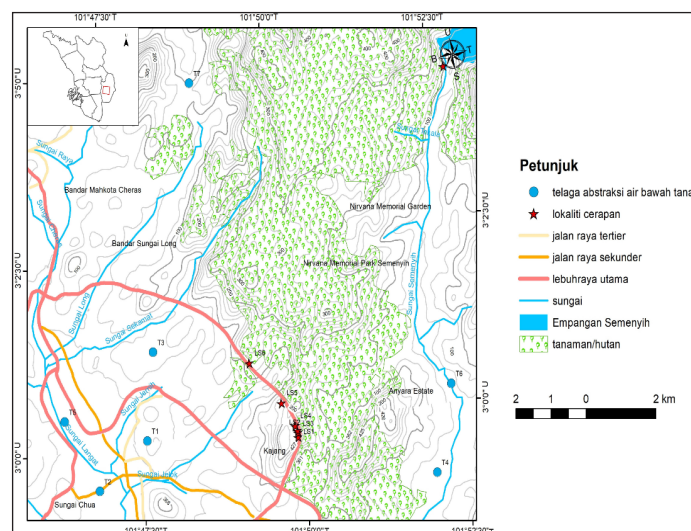
Di Malaysia, jumlah rizab air bawah tanah dilaporkan adalah sebanyak 5000 bilion meter padu iaitu sembilan kali jumlah air yang mengalir ke sungai-sungai di Malaysia setiap tahun (Abdullah et al. 2019). Sebanyak 70% daripada penggunaan air bawah tanah digunakan bagi tujuan domestik, 25% bagi kegunaan industri dan selebihnya digunakan bagi aktiviti pertanian (Zainol et al. 2021). Menurut Mridha et al. (2019), pengeluaran air bawah tanah di Selangor pada tahun 2018 dianggarkan sebanyak 10.8 bilion liter daripada 300 buah telaga tiub di kawasan perindustrian, sekolah, masjid dan kawasan luar bandar.

Sejak beberapa dekad yang lalu, permintaan penggunaan air bawah tanah telah meningkat di negara ini di atas beberapa faktor seperti kos dan tenaga yang diperlukan untuk pengekstrakannya yang lebih rendah (Mohamed et al. 2009). Bagi memastikan ketersediaan air yang bersih, penilaian terhadap kualiti air bawah tanah adalah penting dan berguna dalam menentukan kesesuaiannya dan mengenal pasti bahan cemar yang menjejaskan kualitinya sebelum dirawat menggunakan kaedah tertentu secara lestari. Secara umumnya, kaedah rawatan air bawah tanah melibatkan kaedah rawatan secara fizikal, kimia dan juga biologi. Pasir merupakan salah satu bahan penjerap berkos rendah yang telah digunakan dalam proses penjerapan bagi rawatan air mentah dan air sisa untuk menyingkirkan mikroorganisma dan merawat air sisa yang mengandungi logam berat (He, Yang & He 2010). Kaedah ini digunakan bagi menapis bahan dan mengurangkan kekeruhan air. Pasir sebagai penapis juga digunakan bagi menyingkirkan bakteria dalam air (Ellis 1987). Oleh yang demikian, bahan penjerap yang berkos rendah daripada pasir dan karbon teraktif digunakan bagi mengkaji keberkesannya dalam sistem rawatan air bawah tanah di kawasan kajian.

KAWASAN KAJIAN

Kajian dilakukan di sebahagian kawasan Lembangan Langat dengan keluasan 10 km persegi, merangkumi sebahagian Kajang, Cheras dan Hulu Semenyih. Kawasan kajian terdiri daripada Granit Kajang dan Syis Kajang dengan 60% kawasan dicirikan oleh topografi yang berbukit dengan ketinggian antara 80 m hingga 200 m. Kawasan agak landai iaitu kawasan perumahan dan kawasan perindustrian terletak di bahagian barat yang bersempadan dengan Cheras dan Kajang. Sungai-sungai utama di kawasan kajian adalah Sungai Langat, Sungai Sekamat, Sungai Semenyih, Sungai Long, Sungai Raya, Sungai Cheras, Sungai Jernih dan Sungai Tekala. Terdapat juga sebuah empangan bekalan air di Hulu Semenyih iaitu di bahagian Timur Laut kawasan kajian yang terletak berdekatan dengan sempadan Negeri Selangor dan Negeri Sembilan (Rajah 1).

Aktiviti guna tanah di kawasan kajian majoritinya adalah aktiviti pertanian dan aktiviti pembangunan. Terdapat satu aktiviti pengkuarian di Kajang iaitu Kuari Granit Kajang yang terletak pada bahagian selatan kawasan kajian. Kawasan kajian mengalami musim hujan atau monsun barat daya yang berlaku pada April hingga Oktober dan musim kemarau atau monsun timur laut pada Oktober hingga Februari (Memarian & Balasundram 2016). Iklim di kawasan ini dicirikan dengan purata tahunan suhu yang tinggi dan seragam, hujan yang tinggi dan kelembapan yang tinggi (Haque & Roslan 2023). Purata suhu tahunan adalah kira-kira 27 °C dalam julat daripada 24 °C hingga 32 °C (JICA & JMG 2002). Taburan hujan paling tinggi adalah pada April dan November iaitu sebanyak 2500 mm manakala yang paling rendah adalah pada Jun kira-kira hanya 1000 mm (Noorazuan 2001).



RAJAH 1. Peta lokaliti kawasan kajian

BAHAN DAN KAEDAH

Bahan kajian terdiri daripada dua sumber data iaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh daripada cerapan lapangan yang dijalankan di kawasan kajian yang merangkumi pemetaan geologi, pengukuran parameter air bawah tanah secara *in situ*, persampelan air bawah tanah dan analisis turus penjerapan. Manakala data sekunder diperoleh daripada Jabatan Mineral dan Geosains (JMG), Selangor yang merangkumi data log telaga, data paras air serta data analisis kimia air bawah tanah bagi telaga abstraksi dalam kawasan kajian.

CERAPAN LAPANGAN DAN PERSAMPELAN AIR BAWAH TANAH

Cerapan lapangan telah dijalankan pada tujuh lokaliti di kawasan Kajang, Cheras dan Semenyih yang merangkumi aktiviti pencirian litologi dan struktur geologi. Kadar aliran air bawah tanah ditentukan dan persampelan air bawah tanah dilakukan pada 21 dan 31 Disember 2023, di cerun yang terletak pada koordinat 3°0'11.196"U, 101°49'52.608"T. Botol sampel dilabel dengan maklumat lokasi, masa dan tarikh persampelan dan disimpan di dalam peti sejuk di bawah suhu 4 °C. Persampelan air bawah tanah ini dilakukan mengikut garis panduan atau Prosedur Operasi Standard (SOP) Pengawasan Kualiti Air Tanah (Jabatan Alam Sekitar 2018). Ciri fiziko kimia air juga diukur secara *in situ* menggunakan YSI Pro 1030 MPS (untuk suhu, pH, kemasinan dan jumlah pepejal terlarut) dan kit ujian (untuk nilai kekerasan dan kandungan besi).

KAJIAN PENJERAPAN TURUS

Kajian penjerapan turus dijalankan menggunakan turus akrilik berketinggian 50 cm dan berdiameter 4 cm. Kajian ini menggunakan pasir silika sebagai medium dengan saiz 0.6-1.2 mm, 1.2-2.4 mm, 2.4-4.0 mm dan karbon teraktif dengan julat saiz 1.2 hingga 3.0 mm. Penentuan saiz medium adalah dengan menggunakan kaedah ayakan. Pasir silika dan karbon teraktif ini dibasuh dengan air suling untuk membuang kekotoran dan dikeringkan menggunakan ketuhar selama 24 jam.

Pasir silika dimasukkan ke dalam turus akrilik mengikut saiz (kasar ke halus) dan diikuti dengan karbon teraktif. Sebanyak 5 turus penjerapan digunakan dalam kajian dan dilabel sebagai Turus 1, Turus 2, Turus 3, Turus 4 dan Turus 5. Turus 1 diisi dengan pasir silika bersaiz paling kasar iaitu 2.4-4.0 mm dan Turus 2 diisi dengan pasir silika bersaiz sederhana iaitu 1.2-2.4 mm. Manakala, Turus 3 hingga Turus 5 diisi dengan pasir silika dan karbon teraktif masing-masing pada saiz 2.4-4.0 mm, 1.2-2.4 mm dan 0.6-1.2 mm. Sampel air bawah tanah yang diambil dari lapangan, dipam masuk ke turus penjerapan menggunakan pam peristaltik dari bawah ke atas selama 60 minit. Hasil penjerapan dikumpul berdasarkan masa yang telah ditentukan iaitu pada minit ke-10, 20, 30, 40, 50 dan 60 masa rawatan. Sampel air bawah tanah yang telah dirawat

diukur menggunakan YSI Pro 1030 dan kit ujian. Peratusan penyingkiran dan peningkatan kandungan dalam air bawah tanah yang telah dirawat dihitung menggunakan formula berikut:

$$\% \text{ penyingkiran: } \left(\frac{C_o - C_t}{C_o} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{ peningkatan: } \left(\frac{C_t - C_o}{C_o} \right) \times 100\% \quad (2)$$

dengan C_o adalah kepekatan atau nilai awal kandungan dalam air bawah tanah sebelum dirawat dan C_t adalah kepekatan atau nilai kandungan pada sela masa tertentu semasa rawatan turus penjerapan.

ANALISIS DATA

Data lubang gerudi bagi tiga lokasi dalam kawasan kajian dianalisis menggunakan perisian Strater Demo5. Manakala, peta arah pergerakan air bawah tanah dihasilkan menggunakan perisian ArcGIS. Data kimia bagi 15 telaga abstraksi di kawasan kajian bagi tahun 2012 hingga 2020 dianalisis menggunakan Gambarajah Piper dan Gambarajah Gibbs. Maklumat yang digunakan bagi analisis ini adalah nilai pH, suhu, konduktiviti, jumlah pepejal terlarut, kation (seperti kalium, natrium, magnesium dan kalsium) serta anion (seperti bikarbonat, klorida, sulfat dan karbonat). Gambarajah Piper digunakan untuk menentukan asalan sumber air bawah tanah dengan mengetahui maklumat hidrokimia dalam sesuatu akuifer (Niaz, Zekai & Manzoor 2003).

Gambarajah Gibbs digunakan untuk mentafsir kesan hasil proses hidrokimia seperti pemendakan, interaksi antara air dan batuan serta penyejatan pada geokimia air bawah tanah (Norhayati et al. 2020). Analisis Gibbs (Gibbs 1970) dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Persamaan Gibbs (anion)} = (Cl^-) / (Cl^- + HCO_3^-) \quad (3)$$

$$\text{Persamaan Gibbs (kation)} = (Na^+ + K^+) / (Na^+ + K^+ + Ca^{2+}) \quad (4)$$

HASIL DAN PERBINCANGAN

CERAPAN LAPANGAN

Batuan yang dicerap di kawasan kajian adalah terdiri daripada batuan igneus plutonik iaitu granit berbutir sederhana hingga kasar. Mineral yang boleh dicerap melalui mata kasar dan kanta tangan adalah seperti kuarza, feldspar alkali, plagioklas serta mineral aksesori seperti biotit dan muskovit. Batuan igneus ini bersifat felsik dan berwarna kelabu cerah serta bersifat masif dengan sebahagiannya telah terluluhawa pada gred II dan III. Rajah 2 menunjukkan peta geologi kawasan kajian yang dihasilkan.

PENCIRIAN AKUIFER KAWASAN KAJIAN

Berdasarkan kepada analisis data lubang gerudi di kawasan kajian, jenis akuifer di kawasan kajian adalah jenis terkekang. Jenis akuifer ini wujud apabila lapisan akuifer dilapisi oleh lapisan akuitard/akuiklud di bahagian atas dan bawah. Lapisan lumpur berlodak dan pasir berlodak di kawasan Kajang, Cheras dan Semenyih bertindak sebagai lapisan akuitard dengan nilai kekonduksian hidraulik, K yang rendah iaitu pada julat 10^{-8} hingga 10^{-2} m/hari (Brassington 1998). Julat ketebalan lapisan lumpur dan pasir berlodak ini adalah daripada 6 m hingga 51 m dari permukaan (Rajah 3(a)). Lapisan batuan granit terluluhawa dan teretak bertindak sebagai lapisan akuifer dengan ketebalan lapisan yang berjulat 40 m hingga 89 m. Kehadiran retakan dalam lapisan batuan granit ini adalah pada kedalaman 16 m hingga 56 m. Keratan rentas telaga adalah seperti dalam Rajah 3(b).

PENENTUAN ARAH PERGERAKAN AIR BAWAH TANAH DI KAWASAN KAJIAN

Jadual 1 menunjukkan maklumat bagi telaga abstraksi di kawasan kajian. Nilai hulu hidraulik adalah daripada 37.0 m hingga 79.50 m. Air bawah tanah di kawasan kajian mengalir mengikut topografi iaitu daripada kawasan berbukit di bahagian tenggara, timur dan barat ke kawasan rendah di bahagian barat daya dan seterusnya mengalir ke Sungai Langat dan Sungai Semenyih (Rajah 2).

PENCIRIAN SIFAT FIZIKOKIMIA AIR BAWAH TANAH DI KAWASAN KAJIAN

Pencirian sifat fizikokimia air bawah tanah di kawasan kajian dijalankan secara *in situ* menggunakan YSI Pro 1030 MPS dan analisis data kimia bagi 15 buah sampel telaga abstraksi di kawasan kajian. Sampel air bawah tanah yang diambil di lapangan adalah jernih dengan kadar aliran 183.65 mL/min yang direkodkan pada 21 Disember dan 225.40 mL/min pada 31 Disember 2023. Perubahan kadar aliran air ini berkemungkinan disebabkan oleh keadaan cuaca semasa persampelan yang mana hujan direkodkan turun pada sehari sebelum aktiviti persampelan kali kedua.

pH

Nilai pH bagi air bawah tanah di kawasan kajian adalah berjulat 4.51 hingga 7.95 (Jadual 2). Ini menunjukkan bahawa air bawah tanah di kawasan kajian adalah terdiri daripada air yang berasid hingga beralkali. Berdasarkan kepada nilai pH yang ditetapkan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO 2011) iaitu 6.50 - 8.50, didapati 13 sampel air bawah tanah dengan nilai pH yang rendah daripada nilai yang ditetapkan. Nilai pH yang rendah ini mungkin disebabkan oleh luluhawa batuan igneus yang terdapat di kawasan kajian atau akibat proses luluhawa batuan yang bersifat asid seperti granit semula jadi (Norhayati et al. 2020). Apabila batuan bersifat asid mengalami luluhawa

di bawah permukaan, peresapan larutan yang bersifat asid berlaku dan meresap ke dalam air bawah tanah. Penambahan komposisi asid ini akan mengurangkan nilai pH air. Interaksi antara permukaan air bawah tanah (khususnya bagi telaga yang terdedah) dengan gas karbon dioksida daripada udara yang meresap ke dalam air bawah tanah juga turut menyumbang kepada perubahan nilai pH ini (Hamzah et al. 2014). Selain itu, telaga air bawah tanah di kawasan ini juga terdedah kepada aktiviti perindustrian dan pembangunan yang boleh mempengaruhi nilai pH air bawah tanah.

SUHU

Suhu air bawah tanah di kawasan kajian ini adalah berjulat 25.0 °C hingga 30.8 °C. Suhu sampel air di cerun yang tinggi iaitu 27.3 °C adalah kerana terdedah kepada cahaya matahari. Suhu berkurang kepada 26.9 °C pada hari kedua persampelan disebabkan oleh hujan.

KONDUKTIVITI

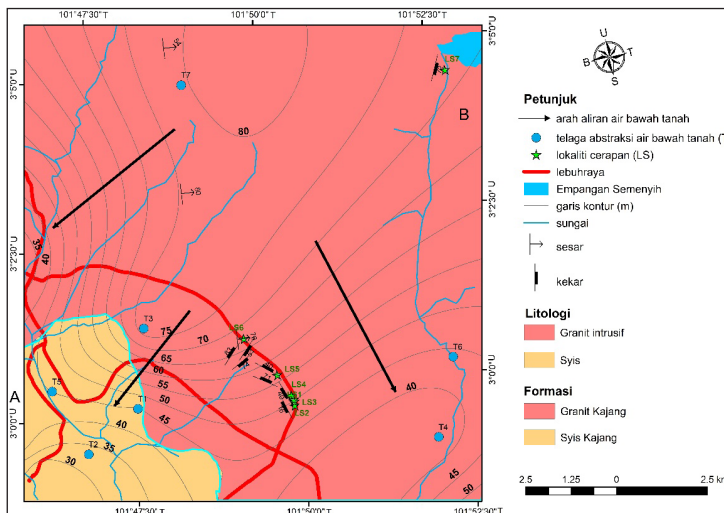
Julat konduktiviti air adalah antara 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hingga 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, namun sekiranya air sesebuah kawasan tercemar, bacaan konduktiviti boleh melebihi julat tersebut (Chapman 1992). Konduktiviti air bawah tanah di kawasan kajian adalah berjulat 7.8 hingga 256 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Jadual 2). Ini menunjukkan bahawa kesemua sampel air bawah tanah di kawasan kajian belum tercemar.

JUMLAH PEPEJAL TERLARUT (TDS)

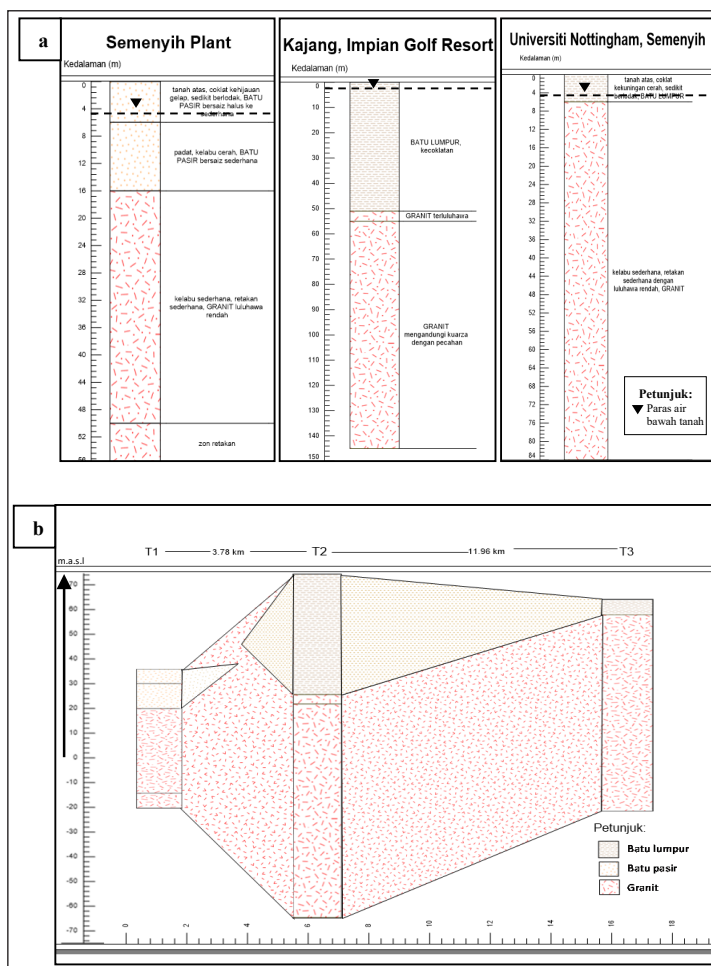
Jumlah pepejal terlarut ditentukan dengan pengukuran kandungan semua garam dalam larutan (Balachandar et al. 2010). Nilai TDS di kawasan kajian adalah berjulat dari 5 hingga 233 mg/L (Jadual 2). Sebanyak 59% daripada sampel air bawah tanah ini mempunyai nilai TDS kurang daripada 100 mg/L dan 41% lagi dengan nilai TDS melebihi 100 mg/L. Tujuh buah telaga yang mengandungi nilai TDS lebih daripada 100 mg/L didapati terletak di kawasan pembangunan dan perindustrian. Kandungan TDS yang rendah iaitu kurang daripada 100 mg/L bagi sampel air bawah tanah menunjukkan usia akuifer yang muda dan sebaliknya (jika kandungan TDS melebihi 100 mg/L) terutamanya di kawasan bandar pula menunjukkan sampel air bawah tanah yang tercemar (Roslan 2017).

ANALISIS FASIES GEOKIMIA DAN ASALAN AIR BAWAH TANAH

Sampel air bawah tanah di kawasan kajian dan sekitarnya adalah didominasi oleh ion natrium dan kalium (Na^+ , K^+) serta bikarbonat (HCO_3^-) seperti yang ditunjukkan oleh Rajah 4. Fasies air bawah tanah adalah terdiri daripada asid lemah ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) melebihi asid kuat ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$). Pada gambarajah Piper, kandungan ion sampel air bawah tanah tertumpu pada bahagian kanan segitiga kation. Ini



RAJAH 2. Peta geologi kawasan kajian. Anak panah menunjukkan arah pergerakan air bawah tanah di kawasan



RAJAH 3. (a) Litologi telaga Semenyih Plant (T1), telaga Kajang Impian Golf Resort (T2), telaga Universiti Nottingham Semenyih (T3); (b) Keratan rentas geologi kawasan kajian di T1-T3

JADUAL 1. Maklumat telaga abstraksi air bawah tanah di kawasan kajian

Telaga	Lokasi	Latitud	Longitud	Ketinggian dari min aras laut (m)	Paras air bawah tanah (m)	Hulu hidrolik (m)
TW1	Lot 7705, Batu 11 ¾, Jalan Hulu Langat	3°4'43.20"U	101°48'50.37"T	82.00	2.50	79.50
TW2	Jln Sg Lalang	2°59'6.61"U	101°52'1.75"T	47.00	10.0	37.00
TW3	Impian Golf Resort Berhad	3°1'11.88"U	101°47'51.85"T	78.83	1.34	77.48
TW4	Batu 1 ½ Jln Sg Chua, Kajang	3°0'1.48"U	101°47'38.4"T	53.48	8.90	44.58
TW5	Lot 5755-2, Kawasan Perindustrian Kidamai, Sg Chua, Kajang	2°59'39.19"U	101°45'54.87"T	55.07	14.40	40.67

menunjukkan bahawa sampel air adalah didominasi oleh ion natrium dan kalium. Sampel air telaga abstraksi juga didapati tertumpu bahagian kiri segitiga anion (Rajah 4(a)). Ia menunjukkan bahawa kawasan kajian adalah dominan dengan ion bikarbonat (asalan air bawah tanah yang cetek).

Analisis gambarajah Gibbs digunakan untuk menunjukkan hubungan antara komposisi air dan ciri litologi akuifer (Norhayati et al. 2020) berdasarkan jumlah pepejal terlarut (mg/L) terhadap ion $Cl/(Cl+HCO_3)$ dan ion $Na/(Na+Ca^{2+})$. Komposisi air bawah tanah dipengaruhi oleh air hujan (*Precipitation Dominance*), penyejatan (*Evaporation Dominance*), dan batuan (*Rock Dominance*) (Gibbs 1970). Rajah 4(b) menunjukkan bahawa air bawah tanah di kawasan kajian dipengaruhi oleh komposisi batuan sebagai kawalan anion $Cl/(Cl+HCO_3)$ dan kation $Na/(Na+Ca^{2+})$ yang utama.

Berdasarkan keputusan yang ditunjukkan dalam Rajah 4(b), 55.5% komposisi air bawah tanah di kawasan kajian dipengaruhi oleh komposisi batuan. Manakala, 44.5% sampel air bawah tanah di kawasan kajian dipengaruhi oleh air hujan dan aktiviti guna tanah kawasan telaga. Ini berdasarkan penemuan koliform dalam sampel air yang dianalisis iaitu di TW2, TW5, TW10 seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3. Secara keseluruhannya, perubahan dan impak yang berlaku ke atas air bawah tanah di kawasan kajian dan sekitar daerah Hulu Langat adalah dikuasai oleh interaksi antara air dalam litologi akuifer dan aktiviti guna tanah sekitar telaga abstraksi.

KAJIAN PENJERAPAN TURUS

Parameter fizikokimia air bawah tanah diukur selepas air melalui turus. Data ini kemudiannya dibandingkan bersama

dengan nilai piawai kualiti air minuman dari WHO (2011). Jadual 4 menunjukkan perbandingan data sebelum dan selepas sampel air bawah tanah dirawat menggunakan 5 turus penjerapan.

SUHU

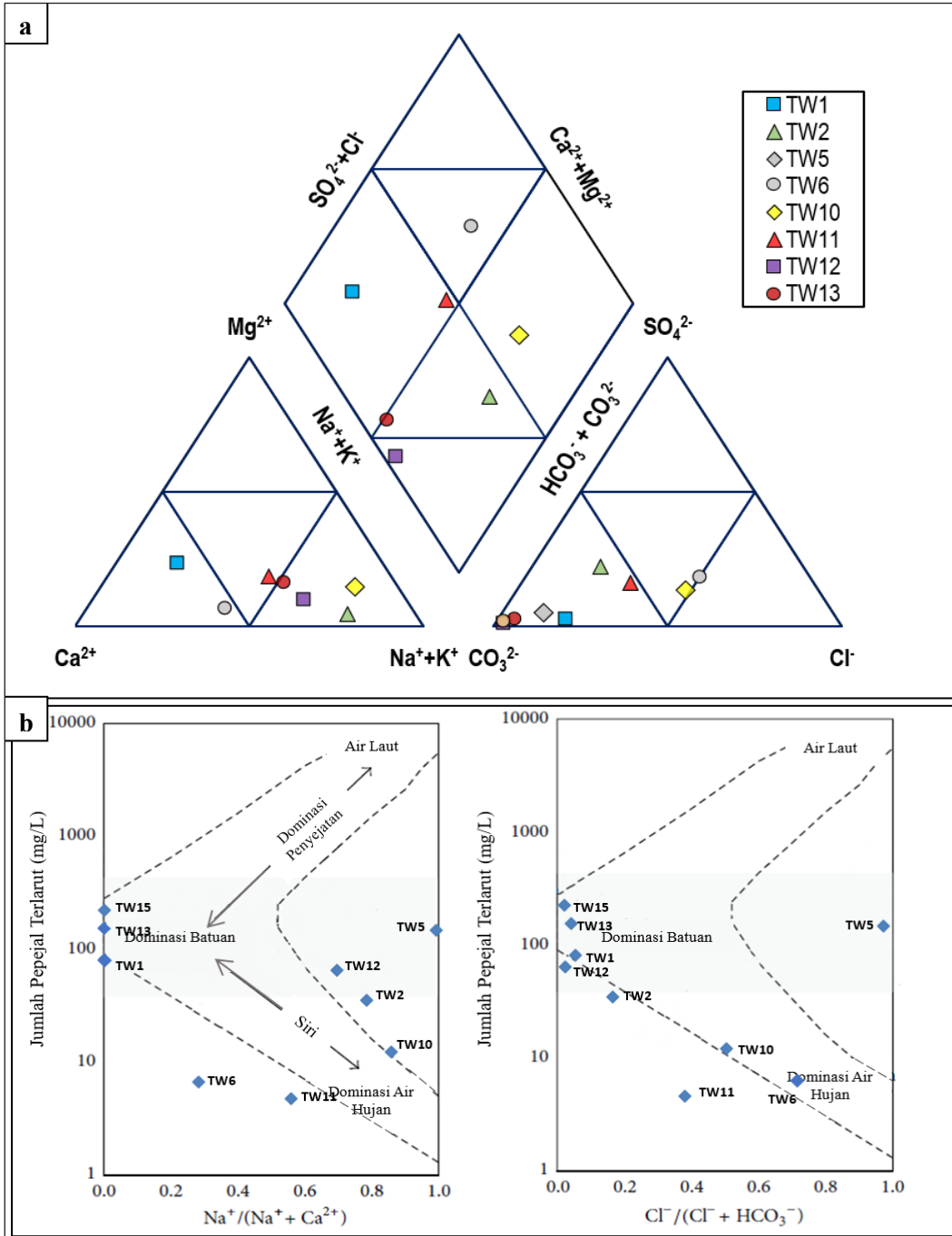
Secara umumnya, suhu sampel air terawat adalah lebih rendah iaitu pada julat 23.80 °C hingga 26.90 °C kerana suhu air diambil di dalam makmal (Rajah 5(a)).

pH

Rajah 5(b) menunjukkan berlakunya peningkatan terhadap nilai pH sampel air setelah dirawat. Nilai pH bagi sampel air terawat daripada turus penjerapan 1 dan 2 masih bersifat asid dengan nilai pH 6.57 dan 6.64. Namun, sampel air ini telah mencapai nilai piawaian yang ditetapkan oleh WHO (2011). Sampel air terawat dari turus penjerapan 3, 4 dan 5 pula bersifat neutral iaitu dengan nilai pH 7.33 ke 7.44. Ini menunjukkan bahawa karbon teraktif adalah medium yang mampu untuk membantu meneutralkan air yang berasid. Ini kerana karbon teraktif mempunyai sifat alkali semula jadi dan mengandungi mineral kalsium hidroksida, $Ca(OH)_2$. Apabila air yang berasid bersentuhan dengan bahan beralkali ini, tindak balas peneutralan akan berlaku untuk mengurangkan keasidan air. Selain itu, komponen karbon teraktif terutamanya kalsium karbonat, $CaCO_3$ boleh larut di dalam air dan membebaskan ion kalsium. Ion ini kemudiannya akan bertindak balas dengan komponen berasid seperti ion hidrogen, H untuk membentuk sebatian yang neutral dengan meningkatkan pH air.

JADUAL 2. Parameter fiziko kimia air bawah tanah di kawasan kajian

Bil	Lokasi Telaga	pH	Suhu (°C)	Konduktiviti (µS/cm)	Kekerasan (mg/L)	Jumlah pepejal terlarut, (mg/L)	Oksigen terlarut (mg/L)	Kemiskinan (ppt)
	Piawai MOH (2011)	6.50-8.50	-	-	500	1000	-	-
1	Telaga (TW1), Batu 14, Jln Cheras	6.30	30.7	134	26	85	7.2	-
2	Telaga (TW1), Lot 7705, Batu 11 ¾, Jln Hulu Langat	6.16	24.3	47.4	4.48	37	7.87	-
3	Telaga (TW1), Lot 261, Jln Sg Lalang	5.20	25.0	-	40	43	-	-
4	Telaga (TW2), Lot 261, Jln Sg Lalang	4.80	25.0	-	23	61	-	-
5	Telaga (TW1), Batu 1 ½, Jln Sg Chua, Kajang	7.63	30.0	301	143	155	7.48	-
6	Telaga (TW1), Lot 5755-2 Kidamai, Jln Sg Chua	4.51	25.0	35.61	12.04	7	-	-
7	Telaga (TW2), Lot 13634, Jalan Bangi Lama	6.09	25.0	-	27.9	112	-	-
8	Telaga (TW1), Lot 608, Plaza Indah, Jln Wan Siew	5.40	25.0	-	43	112	-	-
9	Telaga (TW1), No 28, Seksyen 4, Bandar Teknologi Kajang	7.95	25.0	-	42.4	204	-	-
10	Telaga (TW1), Lot 5705, Kawasan Perindustrian Balakong Jaya 2	5.78	24.2	18.0	3.98	13	7.38	-
11	Telaga (TW1) Jln P5, Seksyen 13, Kawasan Perusahaan Bandar Baru Bangi	5.30	30.5	7.8	4.0	5	4.2	-
12	Telaga (TW7) Jln P5, Seksyen 13, Kawasan Perusahaan Bandar Baru Bangi	5.30	30.8	107	37	68	3.9	-
13	Telaga (TW1) Impian Golf Resort, Kajang	6.20	27.6	256	25	163	5.0	-
14	Telaga (TW1), Kajang Plant, Lot PT 2210, Semenyih	6.61	25.0	-	59.2	188	-	-
15	Telaga (TW1) 7Starts Agriculture, Sg Lalang, Semenyih	6.75	25.0	-	64	233	-	-
16	Sampel air cerun (21 Disember 2023)	6.18	27.3	-	<20	37.4	-	0
17	Sampel air cerun (31 Disember 2023)	6.34	26.9	-	<20	36	-	0



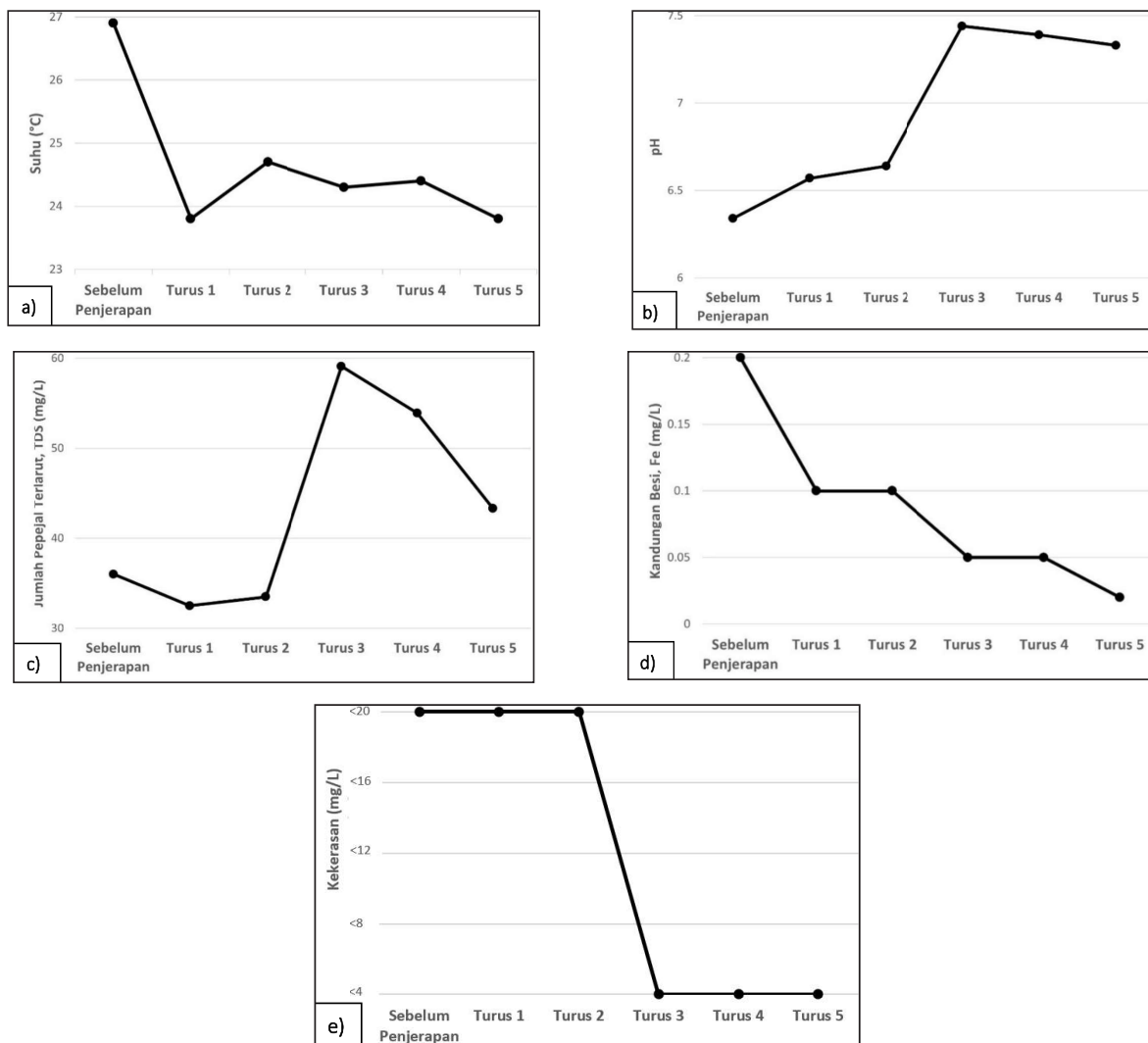
RAJAH 4. (a) Gambarajah Piper menunjukkan taburan komposisi sampel air bawah tanah di kawasan kajian; (b) Gambarajah Gibbs menunjukkan sampel air bawah tanah di kawasan kajian majoritinya dipengaruhi oleh jenis litologi

JADUAL 3 Nilai unsur dalam sampel air bawah tanah di kawasan kajian dan sekitarnya

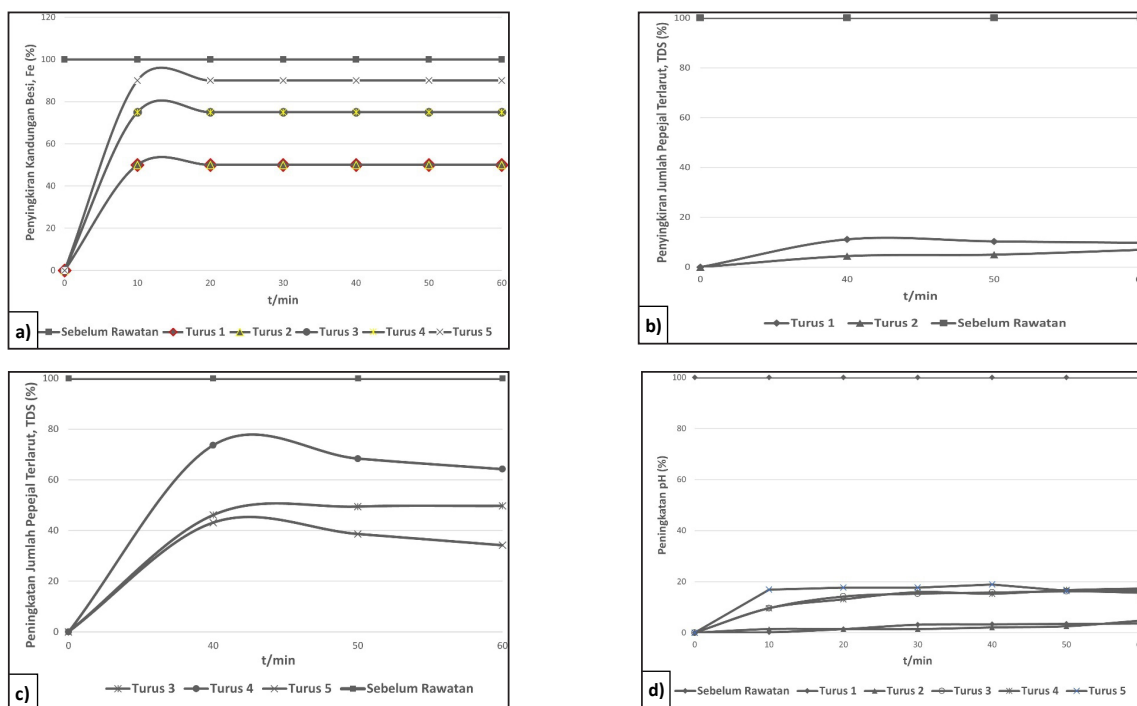
Bil	Lokasi Telaga	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Fe (mg/L)	koliform jumlah (MPN/100 mL)	koliform tinja (MPN/100 mL)
Piawai MOH (2011)												
1	Telaga (TW1), Batu 14, Jln Cheras	7.25	1.77	-	4.40	57	<0.5	2.8	1.5	3.00	-	-
2	Telaga (TW1), Lot 7705, Batu 1 ¾, Jln Hulu Langat	1.24	0.16	4.71	1.58	12.0	ND<0.5	2.32	3.56	0.0399	2.0	2.0
3	Telaga (TW1), Lot 261, Jln Sg Lalang	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Telaga (TW2), Lot 261, Jln Sg Lalang	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Telaga (TW1), Batu 1 ½, Jln Sg Chua, Kajang	-	4.03	0.2	1.52	-	<10	1.5	<1	0.02	6	-
6	Telaga (TW1), Lot 5755-2 Kidamai, Jln Sg Chua	3.42	0.25	1.35	2.73	<1	<1	2.5	1.2	0.02	-	-
7	Telaga (TW2), Lot 13634, Jalan Bangi Lama	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-
8	Telaga (TW1), Lot 608, Plaza Indah, Jln Wan Siew	4.58	0.39	-	-	-	-	3.1	1.6	-	-	-
9	Telaga (TW1), No 28, Seksyen 4, Bandar Teknologi Kajang	-	1.1	-	-	140	-	2.5	5.0	-	-	-
10	Telaga (TW1), Lot 5705, Kawasan Perindustrian Balakong, Jaya 2	0.349	0.261	2.23	0.410	1.64	ND<0.5	1.74	0.661	0.0369	13.0	7.8
11	Telaga (TW1) Jln P5, Seksyen 13, Kawasan Perusahaan Bandar Baru Bangi	0.95	0.31	1.22	0.38	1.1	<0.5	<0.7	<0.5	0.02	-	-
12	Telaga (TW7) Jln P5, Seksyen 13, Kawasan Perusahaan Bandar Baru Bangi	1.51	0.32	3.55	0.20	90	<0.5	1.5	0.7	0.04	-	-
13	Telaga (TW1) Impian Golf Resort, Kajang	1.44	0.43	-	4.51	65	<0.5	2.23	1.4	0.02	-	-
14	Telaga (TW1), Kajang Plant, Lot PT 2210, Semenyih	-	-	-	-	-	-	-	2.03	-	-	-
15	Telaga (TW1) 7Starts Agriculture, Sg Lalang, Semenyih	22.5	0.843	-	-	115	-	1.55	1.58	-	-	-
16	Sampel air cerun (21 Disember 2023)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
17	Sampel air cerun (31 Disember 2023)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-

JADUAL 4. Parameter air bawah tanah sebelum dan selepas dirawat menggunakan 5 turus penjerapan yang berbeza

Parameter	Sebelum Penjerapan	Selepas Penjerapan					Piawaian WHO (2011)
		Turus 1	Turus 2	Turus 3	Turus 4	Turus 5	
Suhu (°C)	26.90	23.80	24.70	24.30	24.40	23.80	-
pH	6.34	6.57	6.64	7.44	7.39	7.33	6.5-9.0
Kemasinan (ppt)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
TDS (mg/L)	36.0	32.5	33.5	59.1	53.9	48.3	1000
Kandungan besi (mg/L)	0.2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.02	0.3
Kekerasan (mg/L)	<20	<20	<20	<4	<4	<4	100



RAJAH 5. Graf menunjukkan perubahan nilai a) Suhu, b) pH, c) Jumlah Pepejal Terlarut, TDS d) Kandungan Besi dan e) Kekerasan sebelum dan selepas sampel air dirawat menggunakan turus penjerapan berisi pasir silika dan karbon teraktif



RAJAH 6. Peratusan penyingkiran a) Kandungan Besi (Fe) dan b) Jumlah Pepejal Terlarut, TDS serta peningkatan nilai c) Jumlah Pepejal Terlarut, TDS dan d) pH bagi sampel air bawah tanah yang dirawat

JUMLAH PEPEJAL TERLARUT (TDS)

Rajah 5(c) menunjukkan berlakunya pengurangan nilai TDS bagi sampel air terawat daripada turus 1 dan turus 2. Sampel air terawat dari turus 3, 4 dan 5 menunjukkan berlakunya peningkatan nilai TDS. Ini mungkin disebabkan oleh kedudukan lapisan karbon teraktif yang kurang sesuai iaitu terletak di bahagian paling atas setiap turus. Ini telah menyebabkan ada zarah karbon teraktif yang terangkut sama masuk ke dalam bekas air yang terawat.

KANDUNGAN BESI (Fe)

Rajah 5(d) menunjukkan perubahan ketara pada kandungan besi (Fe) dalam sampel air terawat. Sampel air yang melalui turus 5 menunjukkan pengurangan kandungan besi paling tinggi iaitu sebanyak 0.18 mg/L daripada sampel air yang belum dirawat. Ini gabungan medium dalam turus 5 adalah yang paling cekap dalam mengurangkan kandungan besi dalam air bawah tanah.

NILAI KEKERASAN

Rajah 5(e) menunjukkan nilai kekerasan sampel air berkurang sehingga < 4 mg/L setelah dirawat menggunakan turus 3,4 dan 5. Nilai kekerasan air ditentukan oleh ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terkandung di dalam air.

ANALISIS KEBERKESANAN TURUS PENJERAPAN BERISI PASIR SILIKA DAN KARBON TERAKTIF BAGI RAWATAN AIR BAWAH TANAH DI KAWASAN KAJIAN

Kebekerkesanan pasir silika dan karbon teraktif dalam lima turus yang berbeza diukur melalui peratusan penyingkiran dan peningkatan kandungan besi, TDS dan pH bagi setiap sampel air terawat daripada setiap turus.

Peratusan penyingkiran kandungan besi adalah paling tinggi bagi turus 5 iaitu sebanyak 90% seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6(a). Ini menunjukkan bahawa peratusan penyingkiran turus 5 adalah lebih tinggi berbanding turus 1, 2, 3 dan 4. Manakala, peratus penyingkiran kandungan TDS dalam sampel air bawah tanah di kawasan kajian pula adalah tinggi bagi turus 1 iaitu sebanyak 10% hingga 11% bagi turus 1 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6(b).

Selain itu, kajian penyerapan turus ini juga menunjukkan peningkatan peratusan pada nilai TDS dan pH bagi sampel air bawah tanah yang dirawat. Nilai TDS bagi sampel air terawat didapati meningkat dengan ketara terutamanya bagi sampel air terawat bagi turus 4 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6(c). Manakala sampel air yang dirawat dari turus 3 dan 4 menunjukkan peningkatan nilai pH tertinggi iaitu sebanyak 17% manakala turus 5 adalah sebanyak 16% seperti yang ditunjukkan dalam

Rajah 6(d). Berdasarkan kajian ini, didapati gabungan pasir silika dan karbon teraktif bagi turus 5 yang paling cepak dalam merawat air bawah tanah di kawasan kajian.

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan kepentingan mengenal pasti maklumat geologi dan hidrogeologi kawasan kajian sebelum mengenal pasti gabungan medium yang sesuai untuk rawatan kualiti air terutamanya air bawah tanah. Pasir silika dan karbon teraktif ternyata mampu untuk meneutralkan air bawah tanah yang berasid serta menyingkirkan kandungan besi (Fe).

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan menggunakan peruntukan daripada geran Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS) iaitu FRGS/1/2022/STG08/UKM/02/3 yang diberikan oleh Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia. Setinggi-tinggi penghargaan juga dirakamkan buat semua yang terlibat dalam menjayakan kajian penyelidikan ini terutamanya kakitangan Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, UKM dan Jabatan Mineral dan Geosains Selangor (JMG).

RUJUKAN

- Abdullah, S., Chand, F., Zakaria, S. & Loganathan, P. 2016. *Transforming the Water Sector: National Integrated Water Resources Management Plan Strategist and Road Map. Volume 2- Appendices*. Kuala Lumpur: Academy Sciences of Malaysia.
- Balachander, D., Sundararaj, P., Rudharavel, K. & Kumaraswamy, K. 2010. An investigation of groundwater quality and its suitability to irrigated agriculture in Coimbatore District, Tamil Nadu, India- AGIS Approach. *International Journal of Environmental Sciences* 1(2): 176-190.
- Brassington, R. 1998. *Field hydrogeology*. Ed. 2. Chichester: John Wiley & Sons.
- Chapman, D. 1992. *Water Quality Assessment: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London: Chapman and Hall Ltd.
- Ellis, K.V. 1987. Slow sand filtration as a technique for the tertiary treatment of municipal sewages. *Water Research* 21: 403-410.
- Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms controlling world's water chemistry. *Sciences, New Series* 170(3962): 1088-1090.
- Hamzah, Z., Rosdi, W.N.W., Wood, A.K.H. & Saat, A. 2014. Penentuan kepekatan ion-ion utama air telaga di Kelantan dengan menggunakan pendaflur serakan tenaga sinar-X dan ion kromatografi. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 18(1): 178-184.
- Haque, S.J. & Roslan, N. 2023. The delineation of the Langat Basin aquifer based on geological and hydrogeological characterization of three urban areas of Malaysia. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International* 27(7): 45-56.
- He, X.W., Yang, H.M. & He, Y. 2010. Treatment of mine water high in ferum and manganese by modified manganese sand. *Mining Sciences and Technology* 20: 571-573.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia. 2018. *Prosedur Operasi Standard (SOP) Pengawasan Kualiti Air Tanah*.
- JICA & JMG. 2002. *The Study on the Sustainable Groundwater Resources and Environmental Management for the Langat Basin in Malaysia*. Volume 1, Executive Summary, Japan International Cooperation Agency (JICA) and Geoscience Department Malaysia (JMG).
- Memarian, H. & Balasundram, S.K. 2016. Hydrological trend analysis integrated with landscape analysis at the watershed scale (case study: Langat Basin, Malaysia). Dlm. *Landscape Ecology- The Influences of Land Use and Anthropogenic Impacts of Landscape Creation*, disunting oleh Almusaed, A. doi:10.5772/61905
- Mohamed, A.F., Yaakob, W.W., Taha, M.R. & Samsudin, A.R. 2009. Groundwater and soil vulnerability in the Langat Basin Malaysia. *European Journal of Scientific Research* 27: 628-635.
- Mridha, G.C., Hossain, M.M., Uddin, M.S. & Masud, M.S. 2019. Study on availability of groundwater resources in Selangor state of Malaysia for an efficient planning and management of water resources. *Journal of Water and Climate Change* 11: 1050-1066.
- Niaz Ahmad, Zekai Şen & Manzoor Ahmad. 2003. Ground water quality assessment using multi-rectangular diagrams. *Ground Water* 41(6): 828-832.
- Noorazuan, M.H. 2001. Urbanisation and water industry growth in Malaysia: Issues and challenges in the new millenium. *International Proceedings of Frontiers in urban water management: Deadlock or Hop?* IHP-UNESCO Paris. CD-ROM Series No 2.
- Norhayati Mohd Rawi, Nursabrina Syahirah Hairudin, Norbert Simon, Lee Khai Ern & Norsyafina Roslan. 2020. Hidrogeologi dan geokimia air bawah tanah di daerah Tampin, Negeri Sembilan, Malaysia. *Sains Malaysiana* 49(3): 493-502.
- Roslan, N. 2017. The potential susceptibility of urban hardrock aquifers to hydraulic and contaminant stresses: The case of Shah Alam, Malaysia. Ph.D. Thesis, University of Birmingham, UK (Unpublished).

WHO. 2011. *Guidelines for Drinking Water Quality*.
Fourth edition incorporating the first addendum.
WHO library Cataloguing-in Publication Data.

Zainol, N.F.M., Zainuddin, A.H., Looi, L.J., Aris, A.Z., Isa, N.M., Sefie, A. & Ku Yusof, K.M.K. 2021. Spatial analysis of groundwater hydrochemistry through integrated multivariate analysis: A case study in the urbanized Langat Basin, Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18: 5733.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: finalan@ukm.edu.my