

## PERKAITAN ANTARA KANDUNGAN KIMIA BATUAN ULTRABES TERLULUHAWA DENGAN KUALITI AIR BAWAH TANAH DI TELUPID SABAH

<sup>1</sup>Baba Musta, <sup>2</sup>Mohamad Md. Tan & <sup>2</sup>Hamzah Mohamad

<sup>1</sup>Sekolah Sains & Teknologi, Universiti Malaysia Sabah  
88999 Kota Kinabalu SABAH

<sup>2</sup>Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi SELANGOR

**ABSTRAK.** *Batuan ultrabes dalam jujukan ofiolit di Telupid tersingkap di sepanjang potongan-potongan jalan. Batuan yang tersesar dan berkekar kesan tektonik ini menjadi sumber air bawah tanah. Kawasan yang beriklim tropika dengan hujan sepanjang tahun membolehkan pengaliran air yang berterusan dan juga membentuk lapisan tanah tebal kesan luluhawa. Kualiti air dipercayai berhubungkait dengan perlepasan unsur-unsur daripada batuan ultrabes dan juga daripada tanah. Nilai turbiditi, pH, konduktiviti, jumlah bahan terampai (TDS) dan kekerasan masing-masing berjulat 0-1, 7.08-7.55, 71.3 - 180.0  $\mu\text{mhos/cm}$ , 35.71-90.0 mg/l dan 8.99-89.10. Kandungan anion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  berjulat di bawah had pengesanan - 0.3mg/l dan di bawah had pengesanan - 0.006mg/l, masing-masing. Kepekatan kation  $\text{Mg}^{2+}$  ialah 1.76 - 21.3mg/l;  $\text{Ca}^{2+}$  berjulat 0.5 hingga 0.7mg/l dan  $\text{Na}^+$  berjulat 0.4 hingga 1.1mg/l. Kation  $\text{K}^+$  yang sememangnya bernilai di bawah had pengesanan dalam tanah mahupun batuan turut bernilai di bawah had pengesanan dalam air kecuali satu sampel (W6) yang bernilai 0.5mg/l. Walaupun kandungan kromium (16460 - 20419ppm) dan ferum (59.76 - 66.40%) tinggi dalam tanah namun kandungannya dalam air adalah di bawah had pengesanan, masing-masing.*

**KATAKUNCI.** Batuan ultrabes, air bawah tanah, luluhawa, kualiti air.

**ABSTRACT.** *The ultrabasic rocks of the ophiolite sequence in Telupid area are exposed along the road cuts. The faulted and jointed rocks due to tectonic activities have become ground water resources. The tropical climate with rainfall throughout the year enable continues flow of the water resulting in thick soil profile through weathering processes. The release of elements from the ultrabasic rocks as well as from the soils are believed to effect the water quality. The turbidity, pH, conductivity, total dissolve solid (TDS) and hardness values are 0-1, 7.08-7.55, 71.3 - 180.0  $\mu\text{mhos/cm}$ , 35.7 - 90.0 mg/l and 8.99 - 89.10, respectively. The ranges of composition of both  $\text{Cl}^-$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  are below the detection limit i.e 0.3mg/l and 0.6mg/l, respectively. The ranges concentration of  $\text{Mg}^{2+}$  is 1.76 - 21.3mg/l;  $\text{Ca}^{2+}$  0.5 - 0.7mg/l, and  $\text{Na}^+$ ,*

*0.4 - 1.1mg/l. K<sup>+</sup>, which is below the detection limit in both soils and rocks is also below detection limit in water, except one sample W6 (0.5mg/l). Although, the concentrations of Cr (16460 - 20419ppm) and iron (59.76 - 66.40%) are high in soil samples, both elements fall below their detection limits in water samples.*

**KEYWORDS.** Ultrabasic rock, groundwater, weathering, water quality.

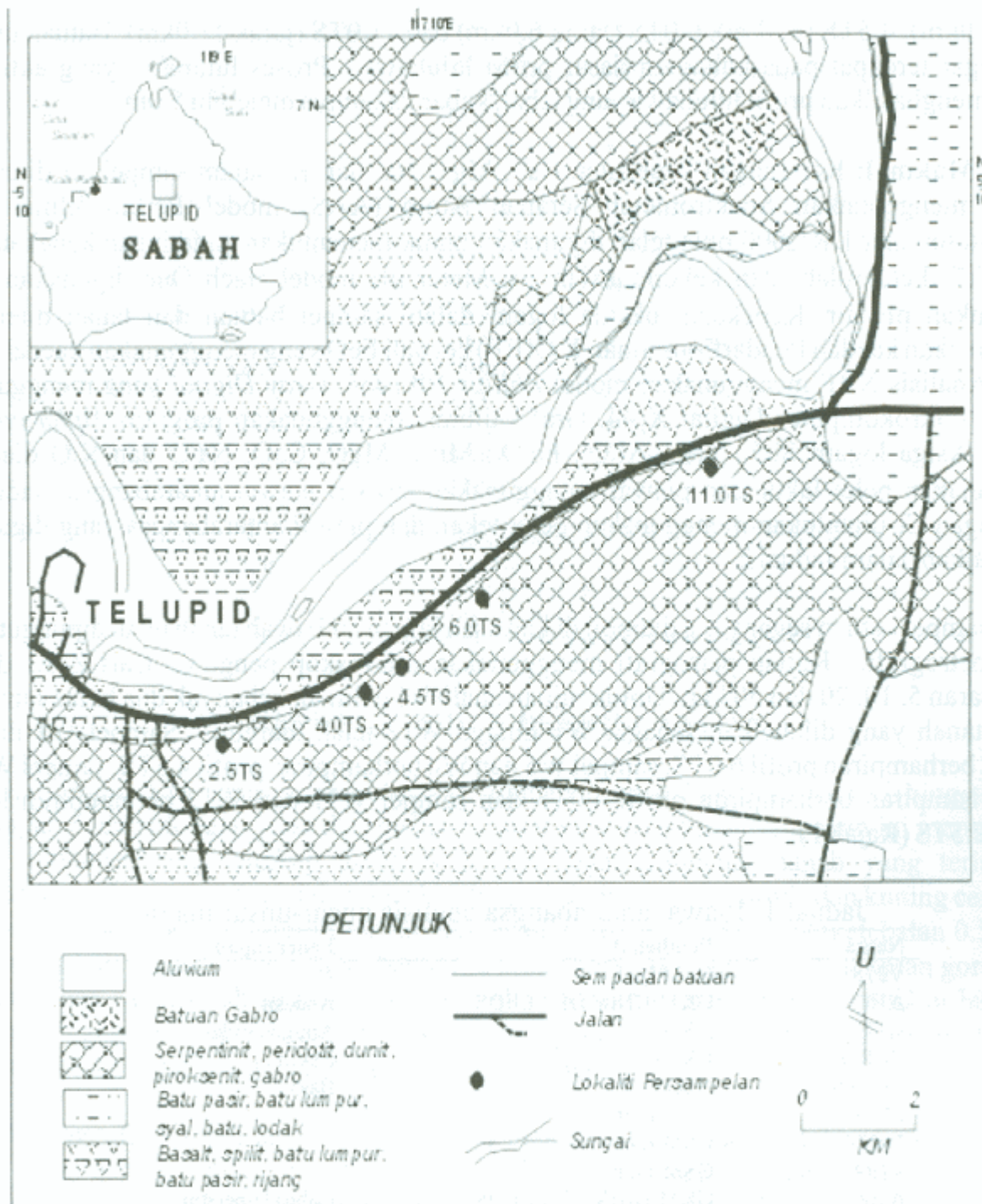
## PENDAHULUAN

Batuan ultrabases di Telupid, Sabah mula dipetakan oleh Fitch (1958), dan jujukan batuan ini dicadangkan sebagai ofiolit oleh Kirk (1968). Pemetaan terperinci taburan batuan seperti dalam Rajah 1 telah dilakukan oleh Johnston & Walls (1974).

Pemetaan awal di kawasan ini lebih menumpukan aspek eksplorasi mineral. Kajian geokimia dan mineralogi dalam profil luluhawa pernah dilaporkan oleh Myers (1977). Proses luluhawa aktif menghasilkan kepekatan Cr dan Fe yang tinggi (Baba & Mohamad 1996). Cr dan Fe masing masing mengalami pengayaan lebih kurang 8 kali dan 60 kali. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keaktifan proses luluhawa dalam batuan ultrabases di kawasan ini ialah kehadiran struktur sekunder yang padat dalam batuan. Analisis struktur rantau di Sabah yang kebanyakan terbentuk pada usia Tertier (Tan & Lamy 1990) sesuai dengan corak struktur sekunder di kawasan kajian. Struktur sekunder seperti sesar dan kekar yang tersingkap dengan banyak di sepanjang potongan jalan juga menjadi punca air bawah tanah. Air bawah tanah di kawasan ini menjadi sumber air utama untuk kegunaan seharian oleh penduduk di kawasan Telupid. Secara tabii, kualiti air di kebanyakan negara beriklim tropika adalah dipengaruhi oleh jumlah hujan sepanjang tahun dan unsur yang terdapat dalam tanah dan batuan induk. Kajian kualiti air di kawasan tropika yang mengalami luluhawa kimia aktif menunjukkan bahawa kualiti air dipengaruhi oleh jenis batuan dasar dan jumlah aliran air yang mengalir melaluinya (Bartarya, 1993 dan Rafael & Teodoro, 1998).

Memandangkan belum ada laporan kualiti air yang dibuat di kawasan ini, maka objektif kajian ini ialah mengkaji kualiti air bawah tanah yang mengalir keluar daripada batuan ultrabases. Kertas ini juga bertujuan mengkaji jenis mineral dan kelimpahan unsur-unsur kimia dalam batuan dan tanah. Mineralogi dan geokimia dalam batuan dan tanah ultrabases ini akan dihubungkan dengan kualiti air bawah tanah.





Rajah 1 Kedudukan kawasan kajian, taburan batuan dan lokalti persampelan air, tanah dan batuan di Telupid Sabah (Diubahsuai daripada Johnston & Walls, 1974)

## METODOLOGI

**Kajian Lapangan:** Kajian lapangan dijalankan di sepanjang potongan jalan pada jarak 2.5km hingga 11.0km dari Pekan Telupid ke arah bandar Sandakan (Rajah 1). Kedudukan lima kawasan persampelan ditandakan mengikut jarak dari Pekan Telupid iaitu 2.5TS (jarak 2.5km), 4.0TS

(jarak 4.0km), 4.5TS (4.5km), 6.0TS (jarak 6.0km) dan 11.0TS (jarak 11.0km). Batuan ultrabases yang segar terdapat pada bahagian dasar profil luluhawa. Proses luluhawa yang aktif pada batuan menghasilkan profil luluhawa yang tebal, kebanyakannya melebihi 5.0m.

**Kajian Makmal:** Kandungan kepekatan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  dalam sampel air ditentukan dengan menggunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS) model Perkin Elmer 3100. Spektrofotometer DR/2000 pula telah digunakan untuk menentukan kandungan kepekatan  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Fe}$ (Jumlah) dan kekonduksian air. Meter pH model Hach One digunakan untuk menentukan pH air. Kepekatan oksida logam dalam sampel batuan dan tanah ditentukan menggunakan kaedah Pendarflour Sinar-X (XRF) kecuali  $\text{FeO}$  yang menggunakan kaedah kimia basah. Analisis XRF menggunakan model *Philips PW1480 X-ray Digital* yang menggunakan perisian mikrokomputer Digital X 44. Graf kalibrasi menggunakan program *Alpha on Line*. Oksida-oksigen logam  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  dianalisis menggunakan pelet lakur dan piawai menggunakan siri-siri piawai antarabangsa (Jadual 1). Kandungan Cr ditentukan menggunakan pelet tekan dan piawai antarabangsa yang digunakan disenaraikan dalam Jadual 2.

Empat sampel batuan segar yang diambil di kawasan laluan air bawah tanah telah dipungut untuk kajian petrografi. Kajian petrografi menggunakan mikroskop pengutub Carl Zeiss dengan pembesaran 5, 10, 20 dan 50 kali. Untuk tujuan analisis kualiti air sebanyak dua belas sampel air bawah tanah yang dilabelkan sebagai W1 hingga W12 telah diambil. Sampel W1 dan W2 diambil berhampiran profil 6.0TS, sampel W5 dan W6 berhampiran profil 4.5TS, sampel W8 dan W9 berhampiran berhampiran profil 4.0TS dan sampel W11 dan W12 berhampiran lokaliti batuan 2.5TS (Rajah 1).

Jadual 1: Piawai antarabangsa analisis unsur-unsur major.

Nama	Pembekal	Penerangan
V278	GSM Ipoh	-
A167	UKM/UNIV OF LEEDS	Andesit
A171	SWA	Amigdaloidal
BCR-1	USGS	Basalt
BHVO-1	USGS	Basalt
JA70	GSM Ipoh	-
JA125	GSM Ipoh	-
VH66	GSM Ipoh	-
A160	UKM/UNIV OF LEEDS	Gabro Hiperstin
A96	UKM/UNIV OF LEEDS	Lampropir
A184	UKM/UNIV OF LEEDS	Dolerit Kuarza
A149	UKM/UNIV OF LEEDS	Batuan daik
BCS 394	BCS	Bauksit
B395	BCS-CRM	Bauksit

Catatan: GSM Geological Survey of Malaysia (Malaysia)

UKM Universiti Kebangsaan Malaysia Bangi (Malaysia)

USGS United States Geological Survey (U.S.A.)

BCS British Chemical Standard (Britain)

BCS-CRM British Chemical Standard and Euronom Certified Reference Material (Britain)



Jadual 2: Piawai antarabangsa untuk analisis kromium.

Nama	Pembekal	Penerangan
MAG	USGS	Lumpur marin
G2	USGS	Granit
DT-N	ANRT	Kianit
SARMH2	SABS	Tanah
BR(BR976)	CRPG	Basalt
SARM51	SABS	Sedimen sungai
AGV-1	USGS	Andesit
PCC-1	USGS	Peridotit
MICA-FE	CRPG	Biotit
98A	USGS	Mineral lempung
MICA-MG	CRPG	Flogopit
GS-N	ANRT	Granit
SCO-1	USGS	Syal
UB-N	ANRT	Serpentinit
DR-N	ANRT	Diorit

Catatan: ANRT *Association National De La Recherche Techniques (Perancis).*  
 USGS *United States Geological Survey (U.S.A).*  
 CRPG *Centre De Recherches Petrographiques Et Geochimiques (Perancis).*  
 NBS *National Bureau of Standard (U.S.A).*  
 SABS *South African Bureau of Standards (South African)*

## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

**Data Lapangan:** Ketebalan tanah pada profil luluhawa batuan berjulat antara 5.0 hingga 15.0 m. Singkapan pada potongan jalan dari pekan Telupid ke arah Bandar Sandakan ini menunjukkan profil luluhawa yang lengkap daripada batuan segar hinggalah tanah yang terluluhawa sepenuhnya. Warna tanah adalah coklat kelabu pada bahagian atas profil dan kuning cerah pada bahagian bawahnya. Zon saprolit menunjukkan sifat batuan dan tanah berketebalan 0.5 hingga 3.0 m manakala batuan segar adalah berwarna hitam berkilat dengan banyak kesan gores-garis. Terdapat juga satah satah sesar dan sistem kekar. Struktur tersebut membuktikan batuan ini pernah mengalami beberapa aktiviti tektonik yang kuat. Aliran air kebanyakannya keluar daripada batuan segar, yang tinggi kepadatan sesar dan kekar.

**Data Petrografi:** Sampel tangan batuan segar menunjukkan mineral melanokrat atau mineral legap yang bersaiz antara 1 - 5mm melebihi 90% daripada batuan. Analisis petrografi menggunakan mikroskop pengutub menunjukkan bentuk mineral ialah subhedron hingga anhedron dan kebanyakannya mengalami retakan. Analisis kiraan titik menunjukkan komposisi batuan di kawasan persampelan 2.0TS, 4.0TS dan 4.5TS ialah batuan peridotit. Kandungan mineral olivin batuan tersebut ialah 70%, mengalami banyak retakan dan mengalami pelarutan membentuk bahagian-bahagian kecil poligon. Mineral piroksen pula dianggarkan sebanyak 15%. Selain itu terdapat mineral epidot yang memanjang dan memotong mineral piroksen. Klorit yang komposisinya dianggarkan 7% memperlihatkan lipatan kercau yang lemah. Kaca dan oksida besi didapati wujud sebagai mineral aksesori dengan anggaran komposisinya sebanyak 5%. Terdapat juga batuan peridotit terserpentinit seperti yang didapati di kawasan sampel 6.0TS. Batuan ini mudah dikenali iaitu warna hitam kehijauan berkilat dan mudah



dipecahkan kepada kepingan-kepingan yang kecil. Komposisi serpentin adalah lebihkurang 85% dan banyak retakan yang diisi oleh oksida besi. Klinopiroksen dianggarkan 10%, berbentuk subhedron dan dipotong oleh epidot. Mineral-mineral lain ialah klorit dan olivin yang kurang daripada 5% komposisinya.

**Data Geokimia:** Kandungan kimia unsur-unsur major dan kromium dalam batuan ultrabasik dan tanah ultrabasik di kawasan kajian ditunjukkan dalam Jadual 3. Data dalam Jadual 3 juga menyenaraikan kandungan kimia batuan ultrabasik di dalam kerak bumi menurut Clarke & Washington (1924). Berdasarkan data yang diperolehi, julat kandungan kepekatan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  dalam batuan masing-masing ialah 36.42 - 39.71%, 0.07 - 0.10%, 1.20 - 1.47%, 3.62 - 5.75%, 1.10 - 5.21%, 0.12 - 0.54%, 42.11 - 45.14%, 1.67 - 2.42%, 0.22 - 0.39% dan kesemuanya dibawah had pengesanan (bdl). Kandungan Cr berjulat 0.23 hingga 0.27%. Secara perbandingan dengan kandungan kimia dalam kerak bumi didapati batuan di kawasan kajian lebih tinggi MgO iaitu unsur penyumbang kepada mineral olivin dan piroksen. Julat kandungan kepekatan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  dalam tanah masing-masing ialah 4.10 - 16.81, 0.26 - 0.39%, 8.54 - 11.64%, 0.35 - 0.64%, 59.76 - 66.40%, 0.12 - 0.54%, 0.67 - 2.60%, kesemuanya bdl, bdl - 0.72% dan kesemuanya bdl. Kandungan Cr berjulat 1.60% hingga 2.00% iaitu bertambah lebihkurang 6 hingga 8 kali berbanding batuan.

**Kualiti Air:** Data kualiti air bawah tanah yang mengalir daripada batuan ultrabasik di kawasan kajian dan juga contoh kualiti air dari batuan ultrabasik yang lain (Barnes & O-Neil, 1971) ditunjukkan dalam Jadual 4. Kesemua sampel air mempunyai nilai turbiditi yang rendah iaitu 0 - 1 uS/m, iaitu sesuai dengan airnya yang sangat jernih. Konduktiviti diukur untuk menentukan keupayaan larutan membenarkan arus elektrik melaluinya.

Jadual 3: Kandungan kepekatan unsur-unsur major dan kromium (Cr) dalam batuan dan tanah ultrabes di kawasan Telupid Sabah dan dalam batuan ultrabasik di kerak bumi.

Lokaliti	6.0TS		4.5TS		4.0TS		2.5TS		C&W Kerak bumi (ppm)
	Batu	Tanah	Batu	Tanah	Batu	Tanah	Batu	Tanah	
Unsur/ mpel (%)									
$\text{SiO}_2$	36.42	13.08	39.71	16.81	38.85	6.48	37.99	4.10	59.14
$\text{TiO}_2$	0.07	0.26	0.08	0.34	0.10	0.36	0.10	0.39	0.79
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1.20	8.54	1.21	11.64	1.49	9.71	1.47	10.13	15.34
$\text{FeO}$	3.62	0.48	5.75	0.64	4.80	0.35	5.83	0.56	3.80
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.21	59.76	1.27	66.40	1.85	63.58	1.10	64.21	3.08
$\text{MnO}$	0.12	0.54	0.14	0.12	0.13	0.38	0.16	0.09	0.12
$\text{MgO}$	42.11	2.60	45.14	1.31	43.50	0.87	45.08	0.67	3.49
$\text{CaO}$	1.67	bdl	2.27	bdl	2.20	bdl	2.42	bdl	5.08
$\text{Na}_2\text{O}$	0.22	0.23	0.34	0.72	0.32	bdl	0.39	bdl	3.84
$\text{K}_2\text{O}$	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	3.13
Cr	0.25	2.0	0.26	1.8	0.27	1.6	0.23	1.8	1600*

bdl: : dibawah had pengesanan

C&W :Clarke & Washington (1924)

\* : :kandungan Cr dalam batuan ultrabasik menurut Turekian & Wedepohl (1961) dalam unit bahagian persepjuta (ppm)



Jadual 4: Kualiti air bawah tanah yang mengalir dari batuan ultrabes di kawasan Telupid Sabah dan perbandingan kualiti air di kawasan lain yang mengalir daripada batuan ultrabesik.

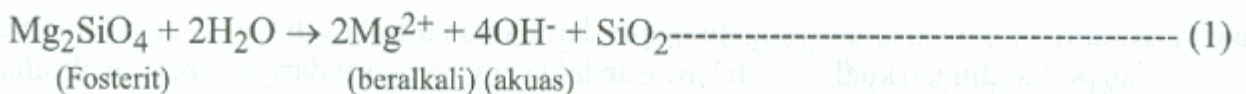
Lokality	6.0TS		4.5TS		4.0TS		2.5TS		B&O	B&O
Sampel Parameter	W1	W2	W5	W6	W8	W9	W11	W12	Mg-HCO <sup>3</sup>	Ca-OH
Turbiditi	1	0	1	1	1	0	0	0	-	-
pH	7.08	7.27	7.37	7.55	7.46	7.42	7.22	7.11	8.6	11.7
Konduktiviti(μmho/cm)	149.2	180.0	157.3	167.8	151.9	119.5	71.3	75.4	-	-
TDS(mg/l)	74.6	90.0	78.9	84.0	75.9	59.8	35.7	37.7	-	-
Kekerasan(TH=Mg) sebagai CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	38.30	30.79	59.08	29.39	73.49	89.10	31.68	39.66	-	-
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	0.3	0.1	bdl	bdl	bdl	bdl	0.3	bdl	12	39
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	11	0.4
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	bdl	0.06	0.01	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	-	-
Fe(T)(mg/l)	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	-	-
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	-	-
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	0.9	0.8	0.6	0.9	1.1	0.6	0.5	0.4	7.9	43
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	9.3	7.0	14.0	6.6	17.2	21.3	7.4	9.4	126	0.23
Na <sup>+</sup> (mg/l)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	7.2	33
K <sup>+</sup> (mg/l)	bdl	bdl	bdl	0.5	bdl	bdl	bdl	bdl	0.7	1.3

B&O: Barnes & O'Neil (1971)

Konduktiviti bergantung kepada kehadiran ion, jumlah kepekatan, mobiliti, valensi dan suhu semasa pengukuran (Greenberg *et al.* 1992). Nilai konduktiviti air yang biasa dilapor untuk kegunaan seharian ialah 50 hingga 1500 mhos/cm (Greenberg *et al.* 1992). Nilai konduktiviti yang direkodkan di Telupid adalah berjalat 119.5 - 180.0 mhos/cm, kecuali sampel W11 (71.3 mhos/cm) dan W12 (75.4 mhos/cm) yang menunjukkan sedikit ion terlarut. Nilai jumlah bahan terlarut (TDS) dalam sampel air pula boleh disumbangkan oleh mineral oksida, mineral lempung, lumpur atau bahan halus lain. Nilai TDS 35.7 - 90.0 mg/l yang diperolehi pada sampel air dikelaskan sebagai air yang segar (Hem, 1970). Umumnya, kekerasan merujuk kepada jumlah air yang diperlukan untuk pemendapan sabun, yang selalunya disebabkan oleh kehadiran ion kalsium dan magnesium. Kesemua sampel dari profil yang dikaji mempunyai nilai kekerasan berjalat 61 - 120, kecuali W11 (31.68 mg/l) dan W12 (39.66 mg/l). Nilai yang agak tinggi itu disebabkan oleh kandungan Mg dan juga Ca yang tinggi melalui proses pemelarutan mineral yang mengandungi unsur Ca dan Mg seperti mineral olivin dan piroksen, manakala kekerasan yang agak rendah seperti sampel W11 dan W12 kurang belaku proses pemelarutan. Nilai kekerasan yang rendah itu boleh dikelaskan sebagai air lembut (Hem, 1970). Nilai kepekatan K<sup>+</sup> dalam kesemua sampel air yang dianalisis berada dibawah had pengesanan (bdl) kecuali sampel W6 (0.5 mg/l) dikaitkan dengan tidak ada berlakunya pemelarutan kecuali sampel W6 yang mungkin disebabkan oleh pemelarutan mineral klorit.

Semua sampel kajian ini mengandungi Mg<sup>2+</sup> yang berjalat 6.6 - 21.3 mg/l. Kandungan Mg<sup>2+</sup> yang tinggi mungkin ada kaitan dengan kandungan mineral silikat, contohnya fosterit [Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>], enstatit [MgSiO<sub>3</sub>] dan serpentin [Mg<sub>3</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)(OH)<sub>4</sub>] yang terdapat dalam batuan ultrabes. Perlepasan ke dalam air boleh berlaku melalui proses hidrolisis yang juga boleh menyebabkan pH air sedikit beralkali seperti persamaan (1).





Tindakbalas di dalam persamaan (1) didapati sesuai dengan nilai pH yang berjulat 7.0 - 8.5 yang diperolehi daripada sampel air yang dianalisis.

Kepekatan  $\text{Ca}^{2+}$  yang berjulat 0.4-1.1 mg/l adalah berkaitan dengan penguraian piroksen dan feldspar semasa luluhawa. Kepekatan  $\text{K}^+$  (di bawah had pengesanan - 0.5 mg/l) dalam sampel adalah sangat rendah kerana penyumbang ion-ion tersebut dalam batuan ultrabes seperti mineral feldspar sememangnya sangat sedikit dalam batuan ultrabes, ini bersesuaian dengan kandungannya dalam tanah dan batuan (Jadual 1). Kandungan  $\text{Na}^+$  (0.5 mg/l - 0.6 mg/l) dalam air umumnya rendah berbanding dengan piawaian WHO (1985) yang mencadangkan kesesuaian  $\text{K}^+$  dalam air untuk tujuan minuman ialah 200mg/l. Ini dapat dijelaskan merujuk kepada kandungannya dalam batuan yang juga rendah (Jadual 3). Walaupun ada pengayaan  $\text{Na}_2\text{O}$  dalam tanah seperti sampel 4.6TS dan sampel 6.0TS namun ianya tidak terlarut dalam air untuk membentuk  $\text{Na}^+$ . Kepekatan  $\text{Cl}^-$  kurang daripada 0.3 mg/l,  $\text{PO}_4^{3-}$  kurang daripada < 0.06 mg/l sementara kandungan  $\text{SO}_4^{2-}$  adalah dibawah had pengesanan. Kepekatan  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang dapat dikesan mungkin berasal daripada pelarutan mineral apatit ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$ ) yang terdapat dalam tanah. Kandungan sebatian sulfur dalam batuan ultrabes adalah tinggi iaitu 200ppm (Turekian & Wedepohl, 1961). Walau bagaimanapun nilai di bawah had pengesanan disebabkan nilai pH sekitar 7.0 menyebabkan kelarutannya rendah dan tidak dapat dikesan dalam air bawah tanah. Kandungan ion ferum dalam air minuman akan mencapai paras merbahaya jika melebihi 0.3 mg/l (WHO, 1984) dan begitu juga bagi ion kromium yang melebihi 0.1 mg/l (USEPA, 1990). Walau bagaimanapun nilai kepekatan ferum dan  $\text{Cr}^{6+}$  dalam kesemua sampel air adalah dibawah had pengesanan. Ini menunjukkan pemelarutan kedua-dua logam tersebut adalah terlalu kecil dalam air. Dalam sampel tanah di kawasan kajian nilai  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan Cr adalah berjulat 59.76 - 66.40% dan 1.80 - 2.70% masing-masing. Nilai tersebut adalah tinggi berbanding dengan tanah yang terdapat dalam batuan induk yang lain seperti basalt. Kandungan Fe dalam tanah basalt ialah 13.58-15.66% manakala Cr ialah 232 - 355ppm (Baba & Mohamad, 1996). Walaupun, nilai Fe dan Cr tinggi dalam tanah namun ia tidak melarut dalam sampel air. Faktor penting yang mengawal proses pemelarutan adalah keadaan pH air yang mencapai nilai beralkali (pH > 7.0) dan berlakunya proses pemelarutan logam-logam bes ( $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$ ) dalam air.

Kandungan kepekatan kimia bagi sampel-sampel air bawah tanah dari kajian telah dibandingkan dengan kepekatan piawaian oleh WHO (1984) mengenai kesesuaiannya sebagai air minuman (Jadual 5). Hasil daripada perbandingan tersebut didapati bahawa parameter air bawah tanah yang dianalisis dari kawasan batuan ultrabes di Telupid umumnya sesuai untuk kegunaan seharian. Jadi kajian ini dapat menyumbangkan data kualiti air bawah tanah yang berasal daripada dasar batuan ultrabes. Sebarang data air bawah tanah yang berpunca daripada batuan ultrabes di kawasan berhampiran atau kawasan lain boleh di gunakan untuk tujuan pengurusan dan rawatan air bawah tanah.



Walau bagaimanapun kandungan logam-logam berat seperti nikel dan kobalt yang tinggi dalam tanah ultrabes juga perlu dibuat kajian lanjut.

Jadual 5: Kualiti air bawah tanah dari kawasan Telupid, Sabah, had maksimum unsur-unsur menurut Kesatuan Kesihatan Sedunia (WHO, 1984) dan had pengesanan unsur-unsur.

Unsur	Had Pengesanan	Min + S.D	Julat	WHO (1984)
Turbiditi	1	0.5±0.5	0 - 1	5
PH	0.01	7.31±0.2	7.08-7.55	6.5-8.5
Konduktiviti(µmho/cm)	1	134.1±41.3	70.3 -180	-
TDS(mg/l)	0.1	67.1±20.7	35.7 - 0.0	1000
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	0.1	0.1±0.1	0 - 0.3	250
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0.1	0.0±0.0	0	400
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.01	0.0±0.0	0 - 0.06	-
Fe(T)(mg/l)	0.01	0.0±0.0	0	0.300
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	0.01	0.0±0.0	0	0.100*
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	0.1	0.7±0.2	0.2 - 1.1	100-300
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	0.1	11.5±5.4	6.6 - 21.3	-
Na <sup>+</sup> (mg/l)	0.1	0.6±0.1	0.5 - 0.6	200
K <sup>+</sup> (mg/l)	0.1	0.1±0.2	0 - 0.5	-
Jumlah Kekerasan: Mg sebagai CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	0.1	48.9±22.4	29.39 - 89.1	500

\*: USEPA (1990)

## KESIMPULAN

Nilai turbiditi, pH, konduktiviti dan TDS dalam kesemua sampel air yang keluar daripada sistem sesar dan retakan pada batuan ultrabes masing-masing berjalat 0 - 1, 7.08 - 7.55, 71.3 - 180.0 µmhos/cm dan 35.7 - 90.0 mg/l.

Kajian kualiti air bawah tanah di kawasan kajian menunjukkan kepekatan kation-kation yang tinggi dan bersesuaian dengan jenis batuan dasarnya iaitu Mg<sup>2+</sup> berjalat 6.6 - 17.2 mg/l, Ca<sup>2+</sup> berjalat 0.4 - 1.1 mg/l, Na<sup>+</sup> 0.5 - 0.6 mg/l dan K<sup>+</sup> kesemuanya di bawah had pengesanan (<0.1 mg/l) kecuali satu sampel yang bernilai 0.5 mg/l.

Proses luluhawa yang mengayakan unsur-unsur ferum dan kromium dalam tanah tidak memberi sebarang kesan peningkatan kepekatan kepada kesemua sampel air disebabkan keadaan pH beralkali dan juga kesan pemelarutan unsur logam-logam bes dalam sampel air bawah tanah.



## RUJUKAN

- Baba Musta & Mohamad M. Tan, 1996. Perlakuan beberapa unsur major dan unsur surih dalam profil luluhawa batuan basalt di Segamat. *Sains Malaysiana*, **25(1)**: 1-18.
- Baba Musta & Mohamad M. Tan, 1996. Perlakuan unsur major dan unsur surih dalam profil luluhawa batuan ultrabases di kawasan Telupid Sabah. *Borneo Science*, **2**: 47-63.
- Barnes, I & J.R. O'Neil (1971). The relationship between fluids in some fresh alpine-type ultramafics and possible modern serpentinization, Western United States. *Geol. Soc. Am Bull.* Dlm Drever. J.I (1988). *The Geochemistry of Natural Waters*. New Jersey: Prentice Hall. 195.
- Bartarya, S. K. 1993. Hydrochemistry and rock weathering in a sub-tropical Lesser Himalayan river basin in Kumaun, India. *Journal of Hydrology*, **146**: 149-174.
- Clarke, F. W & Washington, H.S. 1924. Dlm Siegel F. R (Ed.) 1979. Composition of the Earth's crust and distribution of the elements: *Review of research on Modern Problems in geochemistry*. UNESCO: 14.
- Fitch, F. H. 1958. The geology and mineral resources of the Sandakan Area Borneo. *British Borneo Geol. Survey. Mem 9*.
- Greenberg, A. E. Clescera, L. S. & Eaton, A. D. (ed.). 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Hem, J. D. 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 2<sup>nd</sup> Ed. *U. S. Geological Survey Water Supply Paper. No. 1473*, 363. Washington, D.C.
- Johnston, J. C. & Walls, P. J. 1974. Telupid area Sabah. *Malaysia Geol. Survey Ann. Rept* :236-238.
- Kirk, H. J. C. 1968. Igneous rocks of North Borneo and Sarawak British Borneo. *Geol Surv. An. Rept*: 20-36.
- Myers, L. C. 1977. A weathering profile developed on ultrabasic rocks of Telupid, Sabah. *Geol. Surv. Rept.* **2**: 66-71.
- Rafael. H. A. & Teodoro, M. G. 1998. Patterns of groundwater hydrochemistry in Apan-Tochae Sub-basin, Mexico. *Hydrological Sciences Journal*, **43(5)**: 669-685.
- Tan, D. N. K. & Lamy, J. M. 1990. Tectonic evolution of the NW Sabah continental margin since the Late Eogene. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* **27**: 241-260.



- Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. 1961. Dlm Siegel, F.R. 1979. *Review of research on modern problems in geochemistry*. Distribution of the elements in some major units of the Earth's Crust. Bull. Geol. Soc. America, **72**: 175-192.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1990. Dlm Chemicals in California Drinking Water: Source Contaminants, Risk Assessment, Risk Management, and Regulatory Standards, 1994. *Journal of Hazardous Materials*, **39**: 173-192.
- WHO., 1984. Terjemahan oleh Shahabuddin Mustapha, Hasimah Talib @ Alias & Mohd. Asri Mohd. Noor. *Garis Panduan Kualiti Air Minum*, Jilid 1. Skudai: Penerbit UTM.

Abstract: The relationship between the chemical composition of ultrabasic rocks and the quality of groundwater in Telupid Sabah is investigated. The study area is located in the north-eastern part of Sabah, Malaysia. The ultrabasic rocks in the study area are composed of hornblende, amphibole, and pyroxene. The results of the study show that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater.

### 1. PENDAHULUAN

Ultrabasic rocks are a group of igneous rocks that are characterized by high concentrations of magnesium and iron. They are typically found in the cores of large igneous provinces and are composed of minerals such as olivine, pyroxene, and amphibole. The chemical composition of ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater in the study area. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater.

The study area is located in the north-eastern part of Sabah, Malaysia. The ultrabasic rocks in the study area are composed of hornblende, amphibole, and pyroxene. The results of the study show that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater. The study also shows that the chemical composition of the ultrabasic rocks is related to the quality of groundwater.