

Geokimia batuan granit di sepanjang jalan dari Kangkar Pulai ke Pekan Nenas, Pontian, Johor Darul Takzim

NOR IBTISAM BT. YUNUS & MOHD ROZI UMOR

Program Geologi
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor D.E.

Abstrak: Objektif kajian geokimia bagi batuan granit di beberapa buah kuari di sepanjang jalan daripada Kangkar Pulai ke Pekan Nenas ialah untuk menentukan kandungan unsur-unsur kimia dan sejarah penghabluran bagi batuan granit di kawasan kajian. Data bagi analisis geokimia dipersembahkan dalam bentuk gambarajah TAS, gambarajah Harker dan gambarajah A/CNK. Daripada tren analisis data yang diperolehi, batuan granit di kawasan kajian didapati terdiri daripada batuan peraluminina dalam siri kalk-alkali tinggi K dan berjenis granit S. Keseluruhan batuan menunjukkan pembezaan semasa proses penghabluran. Melalui kajian ini, dapatlah disimpulkan bahawa batuan granit di kawasan kajian menghablur daripada magma yang berasal daripada batuan sedimen atau protolith.

Abstract: The objectives of studying the geochemistry of granitoid in a few quarry sites along the way from Kangkar Pulai to Pekan Nenas is to determine the chemical behaviour and crystallisation history of granitic rock. Analysis of geochemical data was performed through the TAS diagram, Harker diagram and A/CNK diagram. From the analysis trend, the granites are peraluminous and plot within high-k calc-alkaline series and S-type granite. All rocks show the differentiation trend in crystallisation process. Through this study, it is concluded that the granite is crystallized from magma, which came from sedimentary rocks or supracrustal protoliths.

PENDAHULUAN

Terdapat empat buah kuari yang terletak di sepanjang jalan dari Kangkar Pulai ke Pekan Nenas, Pontian, Johor Darul Takzim yang mempunyai batuan granit dengan cirian petrografi yang hampir sama. Kuari-kuari ini ialah Kuari El Resources, Kuari Kamad (IJM), Kuari Kim Seng dan Kuari Sri Pulai (Rajah 1).

Batuan granit dari empat buah kuari ini telah dianalisis untuk menentukan cirian geokimia batuan bagi mentafsir jenis batuan granit tersebut dan petrogenesis batuan. Kertas kerja ini bertujuan mengemukakan maklumat geokimia bagi batuan granit tersebut dan kaitannya dengan pembentukan tektonik Semenanjung Malaysia.

GEOLOGI AM

Burton (1973) yang memetakan kawasan selatan Johor mengelaskan batuan yang tersingkap di kuari-kuari ini sebagai batuan igneus rejahan. Burton (1973) telah memetakan kawasan kajian secara stratigrafi dan menunjukkan kawasan dari Kangkar Pulai ke Pekan Nenas terdiri daripada batuan granit, Ahli Vulkanik Gunung Pulai, Ahli Klastik Bukit Resam, Aluvium Tua dan Aluvium Muda. Batuan granit yang tersingkap di kawasan ini berusia dari Awal Kapur hingga Akhir Pleistosen.

KAEDAH KAJIAN

Kajian terhadap sampel batuan yang diperolehi di kawasan kajian dibuat menggunakan kaedah pendarflour sinar-X (XRF). Kaedah analisis XRF dilakukan dengan menyediakan pelet lakur bagi menganalisis unsur-unsur major dan bagi unsur-unsur surih, sampel disediakan dalam bentuk pelet tekan.

Terdapat 10 unsur major dan 12 unsur surih yang dianalisis menggunakan kaedah XRF. 10 jenis unsur major yang dianalisis ialah unsur SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , dan P_2O_5 di samping unsur surih iaitu unsur As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn, dan Zr. Sebanyak 13 sampel batuan granit diambil dari empat buah kuari dan telah dianalisis menggunakan kaedah ini.

HASIL ANALISIS

Hasil Analisis Unsur Major

Data bagi analisis geokimia 10 unsur major yang diperolehi daripada analisis sampel batuan granit dan sampel daripada korok mikrodiorit ditunjukkan di dalam Jadual 1. Unit yang digunakan dalam pengukuran unsur major ialah peratus berat (wt. %).

Secara keseluruhannya kandungan SiO_2 di dalam

batuan granit adalah tinggi iaitu berjulat antara 74.50%–77.96% berat. Unsur yang kedua melimpah ialah Al_2O_3 dengan julat antara 12.70%–14.02%. Kandungan soda menunjukkan ia berada dalam julat yang biasa iaitu peratus berat Na_2O berjulat kepekatan antara 2.54%–3.07%, manakala peratus berat K_2O ialah berjulat antara 4.18%–5.54%. Kandungan Fe_2O_3 di dalam granit adalah rendah iaitu di antara 0.50%–1.37%. Unsur-unsur lain seperti TiO_2 , MnO , MgO , P_2O_5 mempunyai peratus yang kurang dari 1% di mana julatnya masing-masing antara 0.07%–0.20%; 0.02%–0.05%; 0.02%–0.09%; 0.01%–0.04%. Berdasarkan kandungan peratus berat silika bagi granit yang lebih daripada 66% berat, ini menunjukkan bahawa batuan tersebut adalah bersifat felsik.

Gambarajah Jumlah Alkali melawan Silika (TAS)

Dua parameter penting dalam penamaan batuan ialah SiO_2 dan $Na_2O + K_2O$ (jumlah alkali). Plotan jumlah alkali melawan silika bagi batuan yang terdapat di kawasan kajian mendapati, sampel terletak di bawah garisan yang memisahkan antara batuan alkali dan subalkali kerana kandungan silika dalam sampel batuan adalah melebihi 66% dan jumlah kandungan alkalinya adalah 8% peratus berat (Rajah 2).

Plotan yang diperolehi dibandingkan dengan penamaan yang telah dibuat oleh Cox *et al.* (1979). Plotan terhadap 13 sampel batuan granit menunjukkan keseluruhan data dapat dikelaskan sebagai batuan granit subalkali.

Rajah K_2O melawan SiO_2

Nilai peratus berat K_2O juga diplot melawan peratus berat silika untuk melihat kealkalian batuan (Rajah 3). Berdasarkan pengelasan yang dibuat oleh Le Maitre (1989), plotan menunjukkan batuan di kawasan kajian terdiri

daripada batuan siri kalk-alkali K tinggi.

Rajah A/CNK melawan SiO_2

Untuk mengetahui asalan batuan di kawasan kajian, nilai kepekatan alumina bagi kawasan kajian dikira dengan membahagikan nilai mol alumina dengan nilai mol soda dan kapur. Kemudian nilai ini diplot melawan peratus silika.

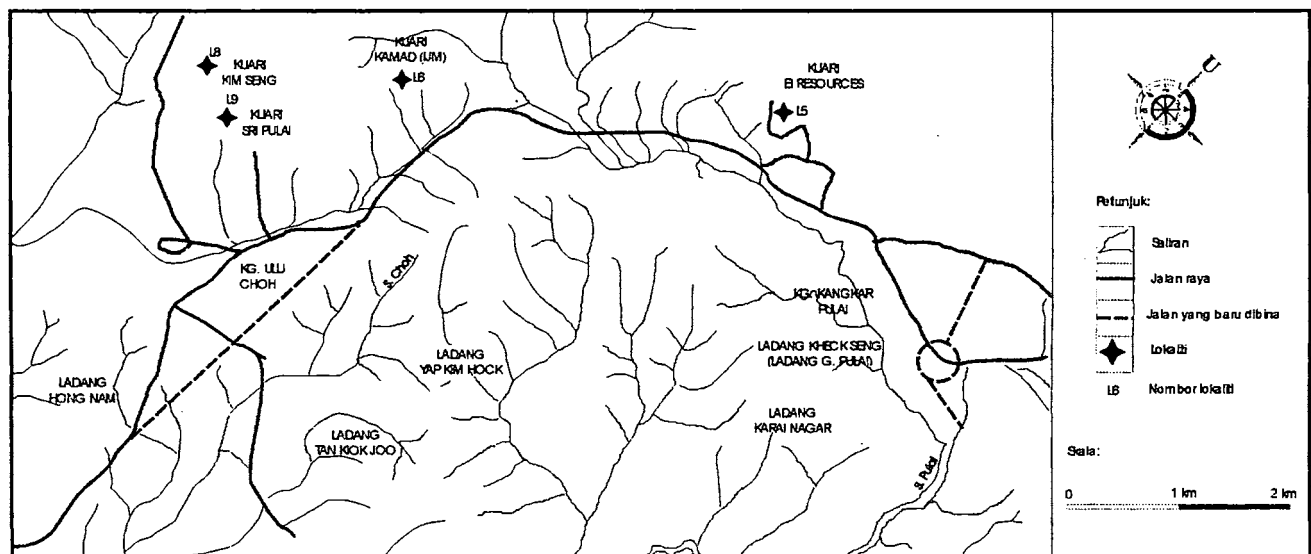
Setelah nilai A/CNK diplot melawan peratus berat silika, penulis mendapati data bagi 13 sampel granit terletak di atas sempadan garisan A/CNK > 1 (Rajah 4). Bagi batuan peralumina, nilai A/CNK > 1 dan batuan metalumina mempunyai nilai A/CNK < 1 sementara bagi batuan peralkali A < NK (Shand, 1947). Plotan menunjukkan sampel granit terdiri daripada batuan peralumina. Clarke (1992) berpendapat bahawa batuan peralumina adalah berkait rapat dengan zon pelanggaran kerak benua.

Plotan A/CNK melawan silika menunjukkan kesemua sampel granit terletak di atas sempadan A/CNK > 1.10 (Rajah 4). Ini menunjukkan kesemua sampel granit adalah dari jenis-S iaitu berasal daripada batuan sedimen.

Gambarajah Harker

Pembezaan dalam siri magma dilihat melalui plotan peratus silika melawan peratus unsur major yang diperolehi dari analisis. Plotan gambarajah Harker menunjukkan, walaupun batuan yang didapati di kawasan kajian adalah dari jenis yang sama, tetapi masih boleh didapati pembezaan komposisi semasa magma menyejuk. Plotan juga menepati teori bagi pembezaan magma bagi granit (Rajah 5).

Gambarajah Harker menunjukkan korelasi negatif antara SiO_2 dan FeO , MnO , MgO , CaO dan TiO_2 yang menunjukkan fraksi yang didominasi oleh unsur feromagnesium atau plagioklas. Selain itu, unsur Al_2O_3 , K_2O dan P_2O_5 juga menunjukkan korelasi negatif. Manakala unsur Na_2O meningkat dengan peningkatan nilai SiO_2 .



Rajah 1. Peta menunjukkan lokality bagi kutipan sampel yang dibuat di kawasan kajian iaitu di empat buah kuari di sepanjang jalan dari Kangkar Pulai ke Pekan Nenas, Johor Darul Takzim.

Jadual 1. Data bagi unsur major dan nilai A/CNK bagi batuan granit. *dinormalkan; bdl = di bawah had pengesanan; nil = nilai sifar.

UNSUR MAJOR	GRANIT												
	Kuari EI Resources		Kuari Sri Pulai					Kuari Kim Seng			Kuari Kamad (IJM)		
	ER(1)	ER 2	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	*SP(5)	KS (1)	KS 2	KS 3	KQ 1	KQ 2	KQ 3
SiO ₂	78.69	77.45	77.00	75.77	75.70	74.96	77.43	76.32	74.93	74.50	76.16	76.72	78.17
TiO ₂	0.08	0.10	0.14	0.15	0.11	0.17	0.16	0.18	0.20	0.20	0.19	0.19	0.07
Al ₂ O ₃	12.59	12.70	13.29	13.79	13.49	13.97	12.97	13.53	13.65	14.02	13.41	13.02	13.23
Fe ₂ O ₃	0.62	0.81	0.99	1.06	0.77	1.17	1.08	1.24	1.36	1.37	1.30	1.26	0.50
MnO	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03
MgO	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.02	0.05	0.09	nil	bdl	bdl
CaO	0.46	0.46	0.81	0.87	1.02	0.99	0.89	0.98	1.35	1.08	1.16	1.11	0.58
Na ₂ O	2.76	2.83	2.91	2.85	2.54	2.60	2.54	2.55	2.77	2.75	2.72	2.54	3.07
K ₂ O	4.88	4.82	4.69	4.95	5.54	5.44	4.85	5.33	4.67	5.28	4.46	4.18	4.76
P ₂ O ₅	nil	0.01	0.02	0.03	nil	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	nil
LOI	0.28	0.35	0.21	0.36	0.37	0.32	0.25	0.22	1.31	0.19	0.65	0.68	0.16
Jumlah	100.38	99.55	100.11	99.47	99.57	99.68	100.25	100.45	100.37	99.56	100.14	99.77	100.57
A	0.25	0.25	0.27	0.28	0.27	0.28	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.26	0.26
C	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.02
N	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09
K	0.11	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10
A/CNK	1.24	1.24	1.23	1.24	1.17	1.21	1.22	1.20	1.18	1.20	1.23	1.27	1.23

Jadual 2. Data unsur surih bagi sampel yang dikutip di kawasan kajian iaitu sepanjang jalan dari Kangkar Pulai ke Pekan Nenas, Johor Darul Takzim. na = tidak dianalisis; bdl = di bawah had pengesanan.

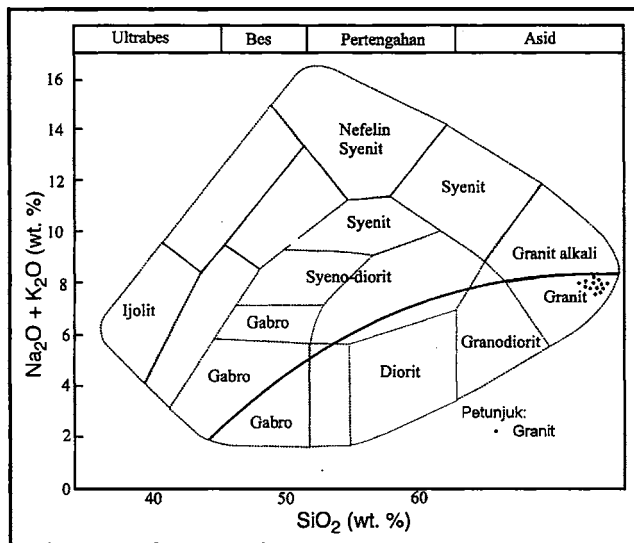
UNSUR SURIH	GRANIT												
	Kuari EI Resources		Kuari Sri Pulai					Kuari Kim Seng			Kuari Kamad (IJM)		
	ER1	ER 2	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP5	KS 1	KS 2	KS 3	KQ 1	KQ 2	KQ 3
As	15	14	14	9	1	16	15	18	19	2	11	21	8
Ba	115	102	228	298	425	508	457	523	549	426	775	711	14
Co	13	16	22	bdl	9	17	25	13	22	na	18	20	16
Cr	9	8	9	10	11	12	10	9	12	10	8	9	11
Cu	17	16	16	16	18	16	15	38	16	15	16	16	17
Ni	5	5	1	3	1	2	1	4	6	2	4	3	3
Pb	78	76	49	54	59	35	50	33	40	39	35	45	79
Rb	303	271	220	195	173	173	175	183	155	184	187	178	225
Sr	44	49	118	132	184	199	182	193	238	194	217	204	15
V	6	8	9	13	7	11	13	13	16	15	10	11	3
Zn	12	63	23	21	10	18	21	28	20	30	68	28	na
Zr	17	112	127	137	106	146	146	147	166	159	175	174	91

Hasil Analisis Unsur Surih

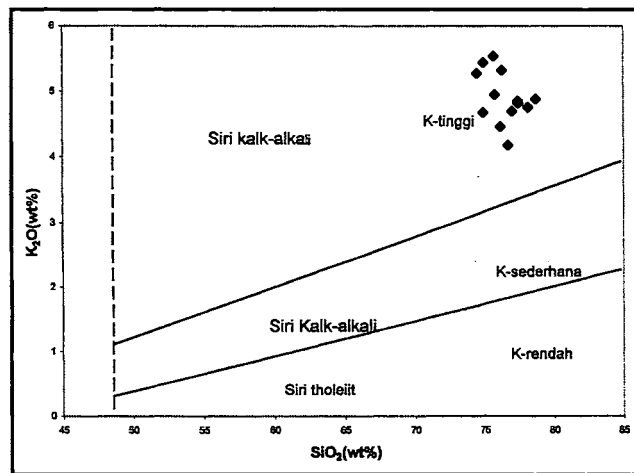
Data bagi analisis geokimia 12 unsur surih ditunjukkan dalam Jadual 2. Unit yang digunakan dalam pengukuran unsur surih ialah berat per juta (bpj) atau part per million (ppm). Unsur surih yang dianalisis menggunakan kaedah XRF ialah As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn, dan Zr bagi kedua-dua sampel batuan. Unsur surih dikelaskan kepada unsur LILE (large ion lithophile elements), unsur HFSE (high field strength trace elements), unsur-unsur logam peralihan dan unsur logam.

Gambarajah Harker

Gambarajah Harker bagi unsur-unsur LILE iaitu unsur-unsur seperti Sr, dan Ba menunjukkan trend negatif manakala Rb menunjukkan tren positif (Rajah 6). Unsur LILE dikaitkan dengan kehadiran mineral-mineral feldspar



Rajah 2. Pengelasan bagi batuan granit mengikut penamaan yang diberikan oleh Cox et. al (1979) menunjukkan batuan granit dikelaskan sebagai granit subalkali.



Rajah 3. Pengelasan lanjut bagi batuan granit subalkali menggunakan plotan K₂O melawan SiO₂ berdasarkan pengelasan yang dibuat oleh Le Maitre (1989).

alkali seperti ortoklas dan mikroklin serta mineral biotit. Perkaitan antara mineral-mineral tersebut ditunjukkan dengan memplot unsur Ba melawan K₂O dan Sr melawan CaO (Rajah 6).

Unsur Ba dan Rb boleh menggantikan unsur K yang terdapat di dalam feldspar alkali, manakala unsur Sr boleh menggantikan Ca dalam plagioklas dan juga K dalam feldspar alkali (El Bouseily & El Sökkary, 1975). Melalui plotan unsur-unsur tersebut, di dapati unsur Ba menurun dengan peningkatan unsur K₂O, manakala unsur Sr meningkat selari dengan peningkatan unsur CaO (Rajah 6).

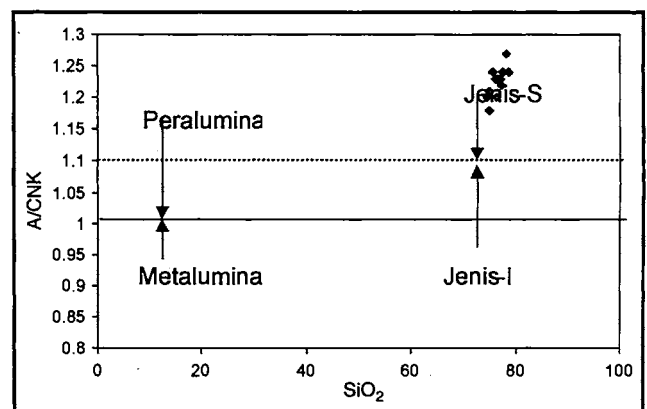
Bagi unsur-unsur HFSE yang diwakili oleh unsur zirkonium menunjukkan bahawa plotan unsur Zr terhadap peratus berat silika memberikan tren negatif (Rajah 7). Ini kerana zirkonium mempunyai cas yang tinggi dan jejari yang dikatakan besar menyebabkan ia sukar bergabung dengan unsur-unsur utama yang lain, ia tidak masuk ke dalam mineral pembentuk batuan yang biasa (Mason dan Moore, 1966).

Unsur-unsur logam peralihan yang dianalisis ialah Ni, Co, Cr, V, dan Cu. Setelah diplot melawan peratus berat silika, didapati bahawa unsur Co, Cr, V dan Cu menurun dengan peningkatan silika kerana sebahagian besar unsur Co disingkirkan ke dalam unsur magnesium yang terbentuk awal (Rajah 8). Manakala unsur Ni tertabur secara rawak. Penurunan unsur Ni dalam batuan igneus felsik adalah biasa kerana unsur ini lebih banyak terkandung di dalam batuan igneus mafik seperti olivin.

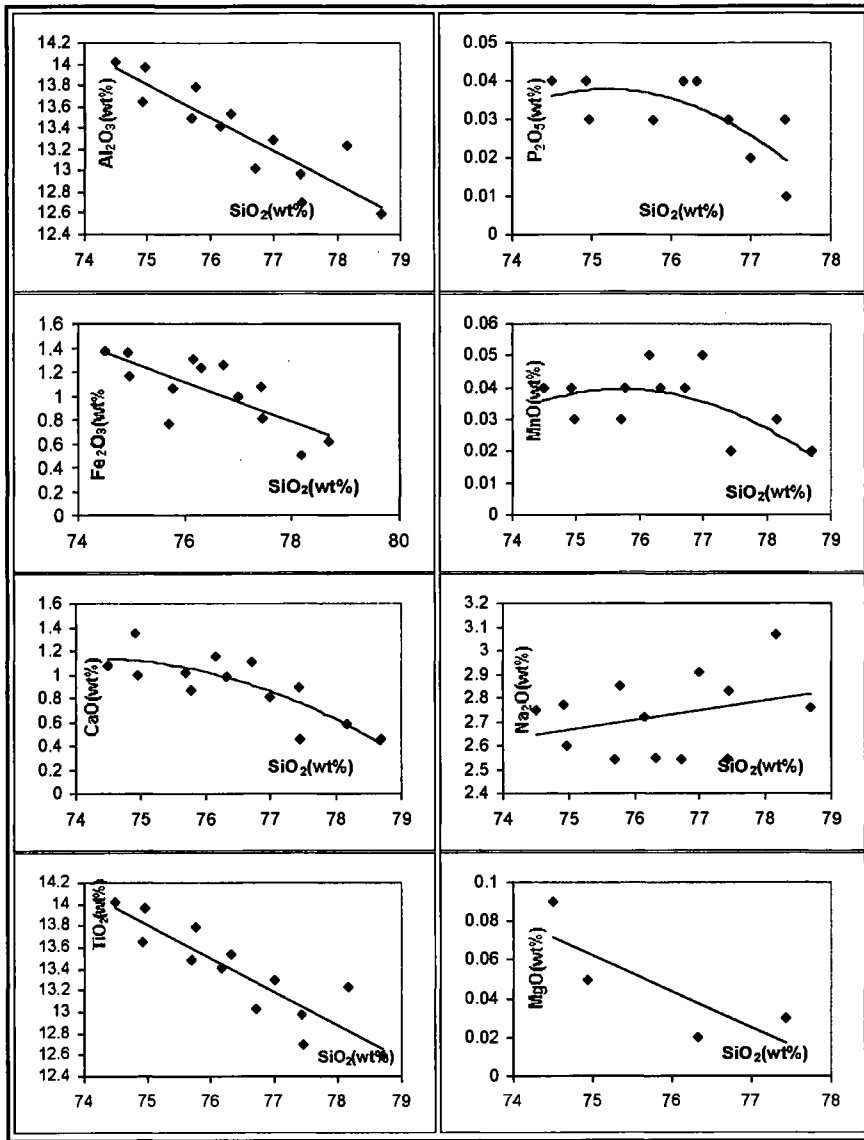
Selain daripada unsur LILE, HFSE dan logam peralihan, unsur-unsur lain yang turut dikaji ialah unsur As, Pb dan Zn. Unsur-unsur tersebut diplot melawan peratus berat silika dan menunjukkan tren positif bagi kesemua unsur (Rajah 9).

PERBINCANGAN

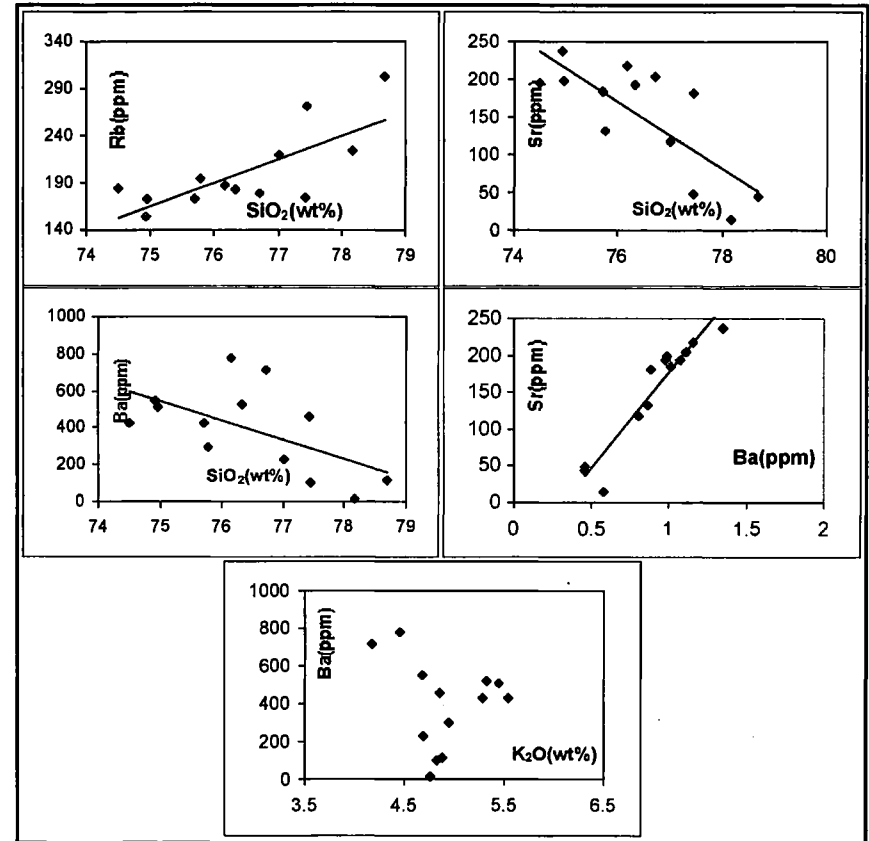
Granit di Semenanjung Malaysia dibahagikan kepada dua jenis iaitu granit jalur barat dan granit jalur timur. Kedua-dua jenis granit ini dipisahkan oleh satu garisan yang terbentuk selari dengan sutera Raub-Bentong



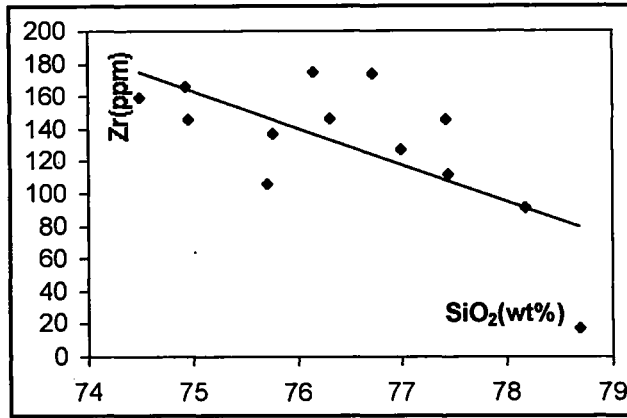
Rajah 4. Batuan granit yang terdapat di kawasan kajian terdiri daripada batuan peralumina jenis-S berdasarkan pengelasan yang telah dilakukan oleh Shand (1947) dan Chappel dan White (1974).



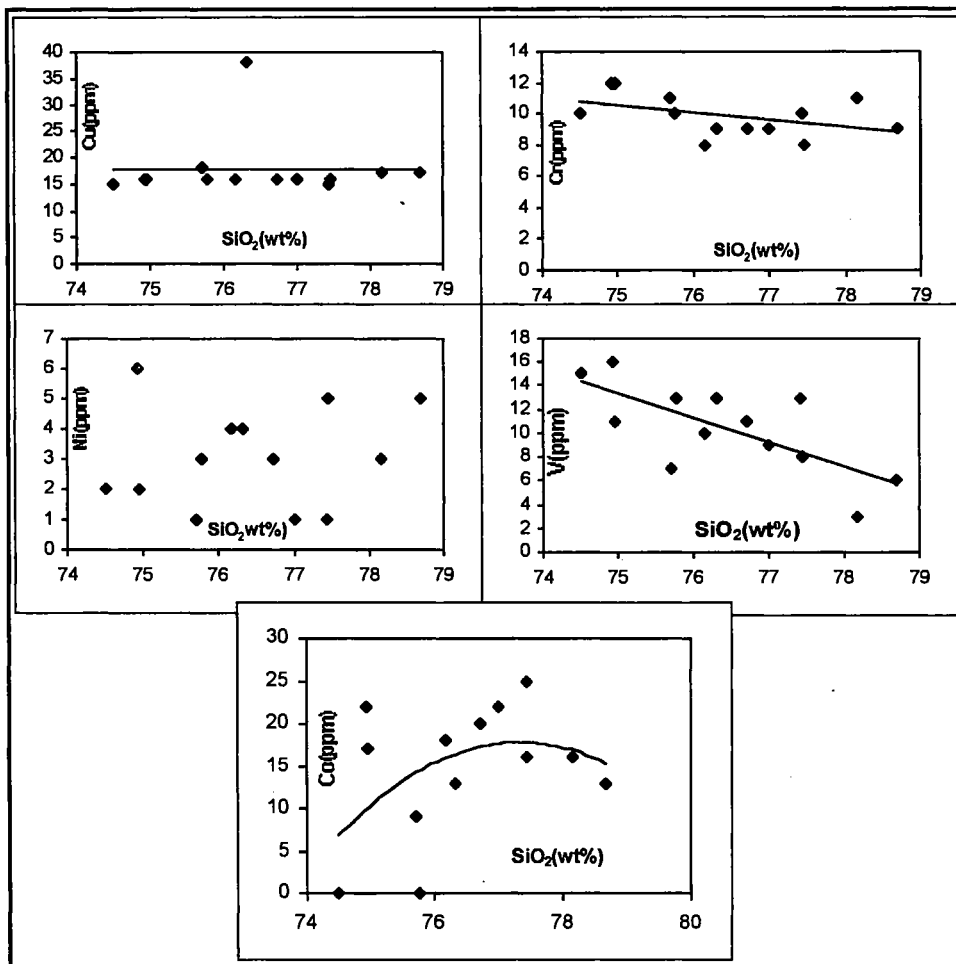
Rajah 5. Gambarajah Harker bagi unsur major batuan granit. Kesemua unsur menunjukkan korelasi negatif kecuali unsur Na_2O yang memberikan korelasi positif.



Rajah 6. Unsur-unsur LILE diwakili oleh unsur Ba, Rb dan Sr yang diplot melawan SiO_2 . Unsur Ba diplot melawan unsur SiO_2 dan unsur Sr diplot melawan unsur CaO.



Rajah 7. Unsur Zirkon menunjukkan korelasi negatif apabila diplot melawan SiO₂.



Rajah 8. Gambarajah Harker bagi unsur-unsur peralihan iaitu Co, Cu, Cr, Ni dan V diplot melawan SiO₂

(Hutchison, 1975). Mengikut Liew (1983) granit dibahagian jalur timur mempunyai campuran antara granit jenis-I dan jenis-S.

Berdasarkan gambarajah TAS dan juga pengelasan lanjutan oleh Le Maitre *et al.* (1989) mendapati batuan granit di kawasan kajian adalah batuan granit subalkali dalam siri kalk-alkali tinggi K. Pupin (1980) membahagikan batuan granit kepada tiga jenis berdasarkan kepada morfologi populasi zirkon yang ditemui iaitu berasal daripada kerak benua bagi batuan anorthothochthonous dan granit alumina, berasal dari mantel bagi granit alkali dan siri tholeiit dan bagi granit kalk-alkali dan subalkali, ianya berasal daripada zon percampuran. Oleh kerana batuan di kawasan kajian adalah batuan subalkali, maka kawasan pembentukan bagi batuan granit adalah zon percampuran iaitu terdapat pengerjaan semula bahan-bahan sekitar untuk membentuk magma apabila suhu bertambah.

Kelimpahan unsur Na, Ca dan Sr di dalam batuan granit adalah rendah, ini selari dengan ciri-ciri yang diberikan oleh Azman A.Ghani (2001) terhadap batuan granit jalur barat dan mentafsirkan bahawa unsur ini hilang semasa perubahan feldspar kepada mineral lempung akibat luluhawa. Chappel dan White (1984) menyatakan bahawa kandungan SiO_2 yang melimpah dalam batuan granit (65%–75%) menunjukkan bahawa ia terbentuk daripada batuan yang kaya dengan kandungan SiO_2 .

Chappel dan White (1992) menyimpulkan bahawa, nilai A/CNK bagi batuan granit yang mempunyai asalan S akan berkurang dengan peningkatan unsur SiO_2 dan bagi granit jenis I, nilai A/CNK meningkat dengan peningkatan nilai SiO_2 (Rajah 10). Batuan granit di tempat kajian dari

jenis S tetapi nilai A/CNK meningkat dengan peningkatan SiO_2 . Ini mungkin disebabkan oleh pembezaan magma daripada bes ke asid. Batuan granit di tempat kajian juga mungkin telah tercemar oleh batuan dinding.

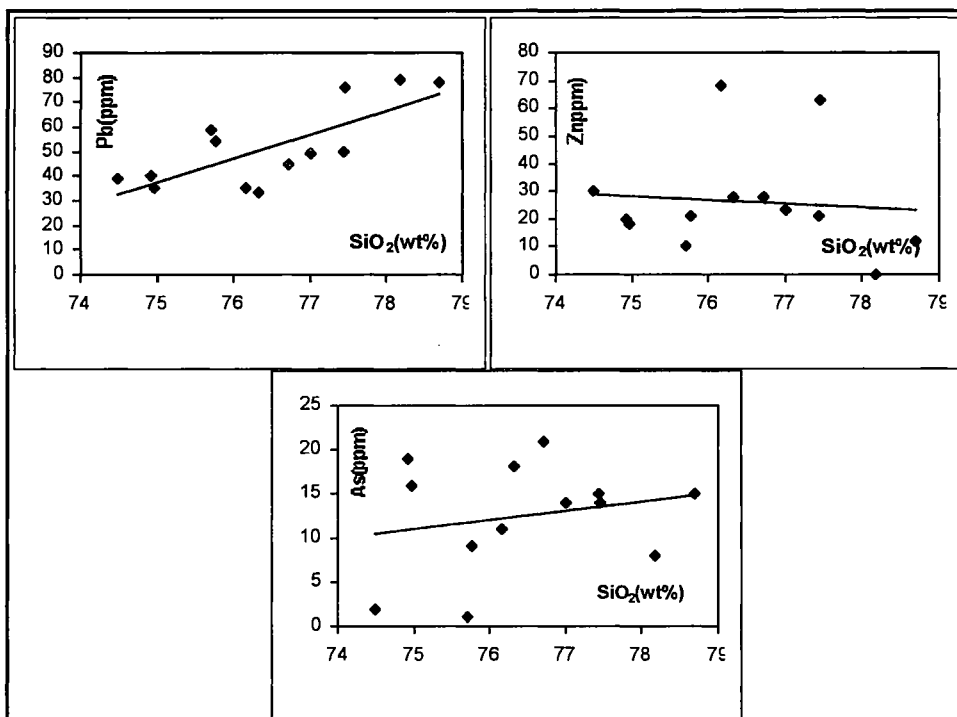
Berdasarkan kepada plotan unsur P_2O_5 melawan Rb (Rajah 11) yang menunjukkan penurunan nilai P dengan pertambahan nilai Rb. Unsur P_2O_5 adalah petunjuk kepada tahap awal penghabluran. Mengikut Chappel dan White (1992), granit jenis I menunjukkan penurunan nilai P apabila meningkatnya nilai Rb dan peningkatan nilai P selari dengan peningkatan nilai Rb bagi granit jenis-S. Korelasi positif bagi batuan ini berlaku bagi batuan yang berasal daripada punca sedimen (Chappel dan White, 1992).

Walau bagaimana pun, korelasi P dan Rb bagi kawasan kajian adalah setara dengan korelasi yang dibuat oleh Azman A. Ghani (2001) bagi batuan granit yang terdapat di jalur barat. Oleh sebab itu, batuan granit di kawasan kajian ditafsirkan sebagai batuan jenis-S.

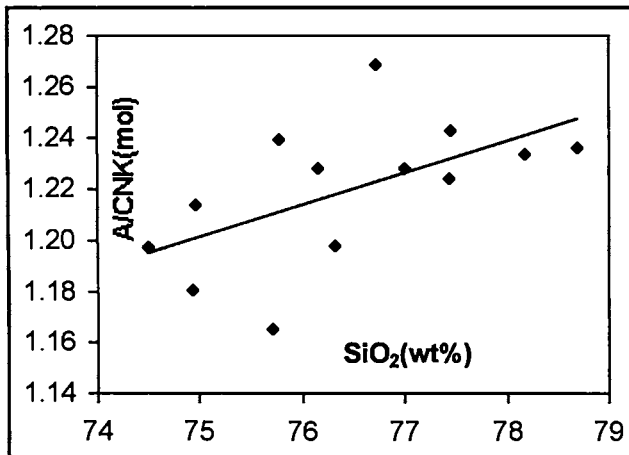
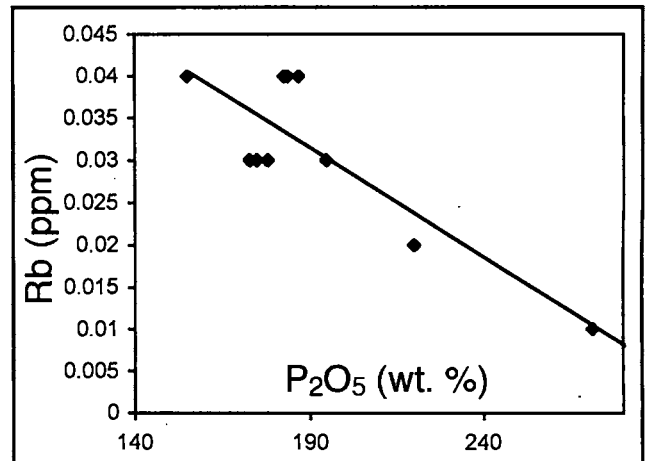
KESIMPULAN

Berdasarkan kepada analisis data geokimia yang dibuat terhadap sampel batuan yang diperolehi di kawasan kajian, kesimpulan yang dapat dibuat mengenai keadaan geokimia kawasan kajian ialah;

- Batuan yang terdapat di kawasan kajian ialah batuan jenis subalkali dari siri kalk-alkali tinggi K.
- Batuan yang terdapat dilapangan adalah dari jenis peralumina berdasarkan kepada plotan A/CNK melawan silika.
- Batuan granit yang terdapat di kawasan kajian adalah granit jenis-S iaitu daripada peleburan batuan sedimen



Rajah 9. Unsur-unsur logam As, Pb dan Zn yang diplot melawan SiO_2 .

Rajah 10. Korelasi positif antara nilai A/CNK dengan SiO₂.Rajah 11. Nilai Rb diplot melawan nilai P₂O₅ menunjukkan korelasi negatif.

atau daripada kerjaan semula batuan pluton berdasarkan kepada nilai yang diperolehi daripada A/CNK.

- d) Berdasarkan plotan gambarajah Harker, tren penghabluran bagi batuan granit boleh dilihat dengan jelas.
- e) Daripada unsur surih, di dapati terdapat penggantian unsur-unsur major oleh unsur-unsur surih semasa penghabluran.

RUJUKAN

- AZMAN A. GHANI, 2001. Some problems with the classification of the 'S' type granite with particular reference to the Western Belt granite of Peninsular Malaysia. *Prosiding Persidangan Tahunan Persatuan Geologi Malaysia*, hlmn123-130.
- EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A., 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chem. Geol.*, 16, 207-219.
- BURTON, C.K., 1973. *Geology and Mineral Resources of Johor Bahru-Kulai Area, South Johore*, Geological Survey of Malaysia, Map Bulletin 2.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R., 1984. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. *Phil. Transactions of the Royal Society of London A.*, 310, 693-707.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R., 1992. I- and S- type granites in the Lachlan fold belt. *Trans. Royal Society Edinburgh: Earth Science*, 83, 1-26.
- CLARKE, D.B., 1992. *Granitoid Rocks*. Chapman and Hall, London.
- COX, K.G., BELL, J.D. & PANKHURST, R.J., 1979. *The interpretation of Igneous Rocks*. Allen and Unwin, New York.
- HUTCHISON, C.S., 1975. Ophiolite in South East Asia. *Geol. Soc. America Bull.*, 86, 797-806.
- LE MAITRE, R.W., BATEMAN, P., DUDEK, A., KELLER, J., LAMEYRE LE BAS, M.J., SABINE, P.A., SCHIMD, R., SORENSEN, H., STRECKEISEN, A., WOLLEY, A.K. & ZANETTIN, B.K., 1989. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Blackwall, Oxford.
- LIEW, T.C., 1983. *Petrogenesis of the Peninsular Malaysia granitoid batholith*. Tesis PhD. Australia National University, Canberra.
- MASON, B. & MOORE, C.B., 1966. *Prinsip-prinsip Geokimia*. Terj. Wan Fuad Wan Hassan & Alias Hj. Salleh. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- PUPIN, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220
- SHAND, S.J., 1947. *Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification and their Relation to ore-Deposits*. 3rd edition. New York, Wiley & Sons.