

Kajian geokimia batuan igneus di sepanjang Jalan Kulai-Simpang Layang-Layang, Kulai, Johor Darul Takzim

(Geochemical study of igneous rocks along the Kulai Road to Simpang Layang-Layang, Kulai, Johor Darul Takzim)

ARSHNAH DURRAH BT. HAJI ARSHAD & MOHD ROZI BIN UMOR

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

Abstrak: Kajian geokimia telah dijalankan ke atas batuan igneus yang terdapat di sepanjang Jalan Kulai hingga ke Simpang Layang-Layang, Johor. Ia meliputi kawasan seluas 76.38 km² yang merangkumi kawasan Ayer Bemban, Ayer Manis dan Bukit Batu. Kajian ini bertujuan untuk menentukan proses pembentukan dan asalan magma sama ada berasal daripada granit mandala timur atau granit mandala barat. Batuan igneus yang terdapat di kawasan kajian boleh dibahagikan kepada lima jenis iaitu granit merah jambu, granit kelabu cerah dan granit berfenokris feldspar alkali serta dua korok berkompposisi dasit dan basalt. Hasil analisis geokimia menunjukkan bahawa batuan yang terdapat di kawasan kajian adalah batuan jenis siri kalk-alkali. Secara keseluruhannya, batuan di kawasan kajian merupakan granit jenis I, kecuali batuan granit merah jambu yang menunjukkan ciri granit jenis S disebabkan berlaku pencemaran oleh batuan keliling semasa pembentukannya. Batuan granit kelabu cerah dan granit merah jambu merupakan batuan peralumina manakala granit berfenokris feldspar alkali, korok dasit dan basalt adalah batuan metalumina. Kesimpulan yang diperolehi menunjukkan batuan igneus di sepanjang jalan Kulai ke simpang Layang-Layang merupakan granit jenis I dan berada di dalam mandala tengah Semenanjung Malaysia.

Abstract: Geochemical studies for igneous rocks was done along the Kulai-Simpang Layang-Layang road, Johor. The areas covered in this study include the Ayer Bemban, Ayer Manis and Bukit Batu areas. The total area of study is about 76.38 km². The purpose of the geochemical study was to classify and determine the chemical behaviour, correlation and crystallization history of igneous rocks, identify their genesis and origin of magma, and whether they originated from the Central Belt Granite or the Western Belt Granite. The igneous rocks can be divided into five groups, namely the pink granite, pale grey granite and granite with alkali feldspar phenocrysts and two aplite dykes namely dacite and basalt. Result from geochemical analysis show that rocks in the study area is from the calc-alkaline series. All of the igneous rocks in the study area are defined as I-type granite except for the pink granite, which have S-type granite characteristic because of assimilation by the country rock during crystallization. Pale gray granite and pink granite are classified, as peraluminous while the granite with alkali feldspar phenocrysts, dacite and basalt are metaluminous rocks. The study reveals that all igneous rocks along the road from Kulai to the junction of Layang-Layang area are I-type granite and considered as part of Central Belt Granite.

PENDAHULUAN

Kawasan kajian terletak di bahagian selatan negeri Johor iaitu di sepanjang Jalan Kulai-Simpang Layang-Layang, Johor yang meliputi kawasan seluas 76.38 km² (Rajah 1). Penempatan yang terdapat di kawasan kajian termasuk Kg. Ayer Bemban, Kg. Ayer Manis dan Bukit Batu. Terdapat 18 lokaliti meliputi singkapan kuari dan potongan jalanraya diselidiki di dalam kajian ini (Rajah 2).

Kertas kerja ini merupakan sebahagian daripada bidang kajian di dalam latihan ilmiah yang penulis lakukan pada peringkat sarjana muda. Skop perbincangan mengkhusus kepada kajian geokimia yang dilakukan dengan tujuan mengkaji sifat kimia batuan yang terdapat di sekitar kawasan kajian dan menentukan proses pembentukan batuan dan asalan magma sama ada berasal daripada granit jalur tengah atau granit jalur barat.

Beberapa teknik olahan data geokimia digunakan dalam kajian ini meliputi gambarajah TAS, gambarajah Harker, gambarajah A/CNK dan gambarajah K₂O melawan SiO₂.

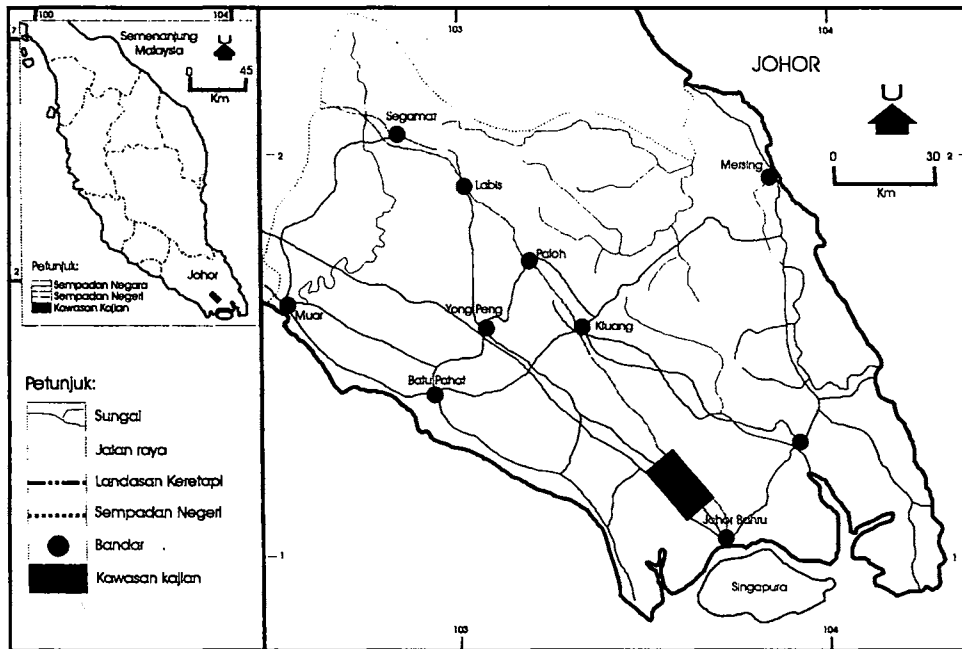
GEOLOGI AM DAN STATUS KAJIAN

Secara umumnya, kajian yang telah dijalankan oleh beberapa pengkaji terdahulu lebih tertumpu di kawasan Johor Bahru-Kulai yang terletak di bahagian selatan kawasan kajian penulis. Di bahagian selatan Johor, batuan dikelaskan dalam Formasi Jurong (Burton, 1973). Formasi ini dibahagikan kepada dua ahli berdasarkan litologinya, iaitu Ahli Vulkanik Gunung Pulai dan Ahli Klastik Bukit Resam. Ahli Vulkanik Gunung Pulai ini merupakan unit bawah manakala Ahli Klastik Bukit Resam pula adalah unit atas. Kedua-dua ahli ini telah dipisahkan oleh satu ketakselarasan akibat daripada penerobosan igneus pada

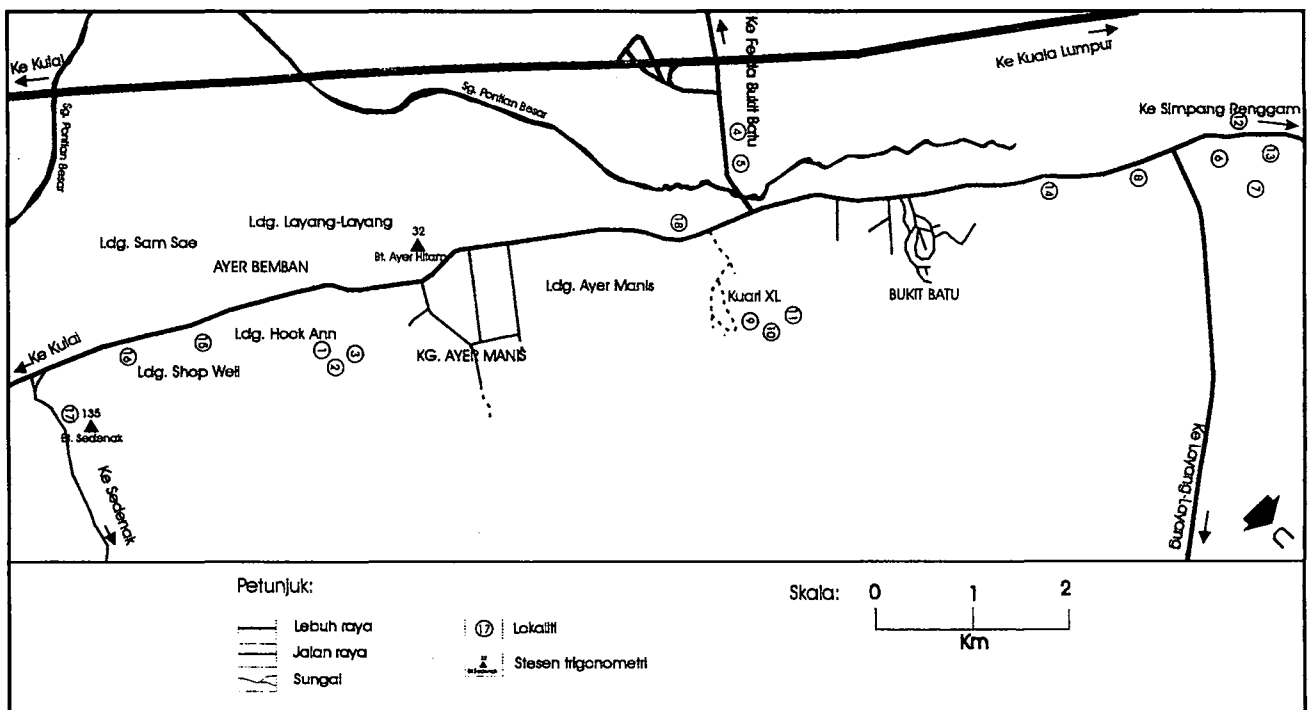
masa Trias Awal (Burton, 1973).

Batuan paling tua yang terdapat di kawasan kajian dipercayai berusia Trias Awal. Batuan ini terletak di dalam Formasi Jurong sebagai Ahli Vulkanik Gunung Pulai (Burton, 1973). Pada Trias Awal telah berlaku penerobosan igneus dan ia merupakan aktiviti granit paling awal sehingga menyebabkan berlakunya pengangkatan benua di kawasan selatan Johor. Penerobosan ini telah membentuk batuan adamelit hornblend.

Selain itu, terdapat batuan granit yang dikatakan berusia Jura Akhir hingga Kapur Awal (Burton, 1973). Pada masa ini berlaku penerobosan daik mikrodiorit pada batuan adamelit hornblend dan juga berlakunya pemotongan adamelit hornblend oleh telerang hornblend. Penerobosan igneus yang berlaku pada masa ini adalah secara kecil-kecilan sahaja. Pada masa Kapur Akhir hingga Tertier Awal berlaku penerobosan igneus yang membentuk batuan adamelit merah jambu dan beberapa jenis telerang iaitu



Rajah 1. Peta Semenanjung Malaysia dan Negeri Johor yang menunjukkan kedudukan kawasan kajian.



Rajah 2. Peta lokaliti cerapan kawasan kajian.

telarang kuarza, apilit dan pegmatit. Ia boleh dikatakan merupakan aktiviti igneus yang terakhir berlaku di kawasan selatan Johor (dalam Burton, 1973).

KAEDAH ANALISIS

Analisis yang dijalankan adalah analisis Pendaflour Sinar-X (XRF), yang mana penentuan unsur major sampel dianalisis dalam bentuk pelet lakur dan penentuan unsur surih sampel pula dianalisis dalam bentuk pelet tekan. 10 unsur major yang dianalisis terdiri daripada SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O dan P_2O_5 , manakala 12 unsur surih yang dianalisis pula terdiri daripada As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn dan Zr. Kepekatan unsur major diukur dalam unit peratus berat (wt %) dan unsur surih diukur dalam unit bahagian persepuluhan (ppm). Alat yang digunakan untuk menganalisis unsur major dan unsur surih adalah mesin Spektrometer Sinar-X Philip PW 1480.

Terdapat dua jenis pelet yang digunakan dalam analisis sampel batuan iaitu pelet lakur dan pelet tekan. Pelet lakur dibuat bagi penentuan kepekatan 10 unsur major yang terdapat di dalam batuan yang dikaji dalam peratus berat. Pelet lakur merupakan pelet yang disediakan dengan cara pemanasan di dalam relau pada suhu yang tinggi. Pemanasan ke atas sampel ini akan menyebabkan berlakunya kehilangan berat yang disebabkan oleh kehilangan bahan meruap. Oleh yang demikian, bahan meruap perlu diketahui dengan cara penggantian iaitu % L.O.I sampel ditentukan dengan cara pemanasan terus sampel pada suhu $1,100^\circ\text{C}$.

Pelet tekan dibuat dengan menggunakan binder (pemegang asid borik). Biasanya sampel yang digunakan adalah sebanyak 1 gram sahaja. Pelet ini dibuat adalah untuk penentuan unsur-unsur surih yang terdapat di dalam batuan yang dikaji.

HASIL ANALISIS

Terdapat lima jenis batuan telah dikenalpasti di lapangan dilakukan analisis geokimia. Ia terdiri daripada granit merah jambu, granit kelabu cerah dan granodiorit yang mewakili batuan plutonik, dan andesit dan basalt yang mewakili batuan vulkanik. Namun begitu, penulis tidak menghuraikan kajian petrografi di dalam kertas ini bagi menumpukan perbincangan kepada analisis geokimia sahaja. Hasil analisis unsur major dan unsur surih ditunjukkan dalam Jadual 1 dan 2. Daripada data-data yang diperolehi, beberapa teknik olahan graf geokimia digunakan bagi menginterpretasikan batuan yang terdapat di kawasan kajian.

Gambarajah TAS (Jumlah Alkali-Silika)

Gambarajah TAS merupakan salah satu teknik penamaan batuan berdasarkan pemplotan peratus berat unsur $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ terhadap SiO_2 . Ia boleh dibahagikan kepada dua kumpulan mengikut pengelasan saiz butiran iaitu batuan

berbutir halus (batuan vulkanik) dan batuan berbutir kasar (batuan plutonik).

Berdasarkan pengelasan batuan pluton, plotan batuan granit kelabu cerah tidak termasuk dalam lingkungan pengelasan batuan igneus pluton ini. Oleh itu, namanya masih dikekalkan sebagai granit kelabu cerah. Pemplotan batuan granit merah jambu pula menunjukkan ia terkelas dalam batuan granit alkali, manakala batuan granit berfenokris feldspar alkali pula dikelaskan sebagai granodiorit (Rajah 3). Bagi batuan dasit dan basalt (merupakan korok apilit) gambarajah TAS yang digunakan adalah pengelasan kimia dan tatanama bagi batuan berbutir halus (batuan vulkanik) (Rajah 4). Setelah pemplotan data dilakukan, batuan dasit ini termasuk dalam lingkungan batuan andesit, manakala hasil pemplotan data batuan basalt, batuan ini masih terkelas dalam batuan jenis basalt.

Gambarajah Harker

Unsur-unsur major dan minor

Secara umumnya, didapati peratus berat SiO_2 adalah tinggi di dalam batuan granit sub-alkali dan granit alkali dengan julat kepekatan antara 73.23 – 75.64% berat, diikuti dengan batuan granodiorit dengan kepekatan 67.64% berat. Peratus kepekatan SiO_2 di dalam batuan andesit dan basalt adalah lebih rendah. Andesit mempunyai kepekatan SiO_2 59.57% berat, sementara basalt ber julat kepekatan antara 49.40–50.89% berat (Jadual 1).

Hasil daripada pemplotan oksida-oksida ini menunjukkan dua korelasi iaitu korelasi positif dan korelasi negatif. Pemplotan Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO dan P_2O_5 terhadap SiO_2 memberikan graf yang negatif yang mana kesemua oksida ini berkurangan dengan peningkatan SiO_2 (Rajah 5a, b, c, d, e, f dan g). Manakala, bagi Na_2O dan K_2O terhadap SiO_2 , ia menunjukkan tren korelasi positif yang mana peningkatannya adalah selari dengan penambahan SiO_2 dalam batuan (Rajah 6a dan b).

Unsur-unsur surih

Unsur-unsur surih boleh dibahagikan kepada beberapa kumpulan iaitu unsur LILE (large ion lithophile elements), unsur HFSE (High Field Strength trace element), unsur-unsur logam peralihan (trace transition metals) dan unsur-unsur logam (Jadual 2). Berdasarkan hasil analisis didapati unsur LILE mempunyai taburan kepekatan yang paling tinggi dalam semua jenis batuan jika dibandingkan dengan unsur-unsur HFSE, unsur-unsur logam peralihan dan unsur-unsur logam.

Unsur LILE terdiri daripada unsur-unsur seperti Ba, Rb dan Sr. Hasil plotan unsur-unsur Ba dan Rb terhadap SiO_2 mempamerkan bentuk tren yang positif (Rajah 7a dan b), manakala Sr pula mempamerkan bentuk tren yang negatif (Rajah 7c).

Unsur HFSE diwakili oleh unsur zirkonium (Zr). Unsur Zr ini biasanya hadir membentuk mineral zirkon. Berdasarkan pemplotan unsur Zr terhadap SiO_2 menunjukkan tren yang positif yang mana peningkatan

unsur Zr adalah selaras dengan peningkatan SiO₂ (Rajah 8). Unsur Zr yang terdapat dalam zirkon boleh menggantikan Mg dan Fe yang terdapat di dalam mineral silikat seperti biotit (Goldsmith, 1926).

Unsur Co, Cr, Cu, Ni dan V merupakan unsur-unsur logam peralihan. Hasil daripada pemplotan kepekatan unsur-unsur Co, Cr, Ni dan V terhadap SiO₂ yang

menunjukkan tren negatif (Rajah 9a, b, c dan d) dan hanya pemplotan kepekatan unsur Cu terhadap SiO₂ yang mempamerkan tren positif (Rajah 9e).

Unsur-unsur logam yang dikaji adalah unsur As, Pb dan Zn (Rajah 10). Hasil pemplotan unsur As dan Pb terhadap SiO₂ menunjukkan tren yang positif (Rajah 10a dan b) manakala unsur Zn pula menunjukkan tren yang

Jadual 1. Kepekatan unsur major dalam peratus berat (wt. %).

Nama batuan Lokaliti Unsur	Granit Merah Jambu								GraDio	Granit Kelabu CeraH				Basalt				Andesit
	1	1a	1b	1c	2a	2b	3	3a	17 b*	Gra A	Gra B*	Gra C*	Gra D*	Dol A*	Dol B*	Dol C*	Dol D*	17a*
SiO ₂	75.64	73.83	75.41	75.21	74.91	76.12	73.55	73.23	67.34	70.30	69.71	71.08	70.31	49.40	50.89	49.62	49.99	59.57
TiO ₂	0.12	0.19	0.15	0.16	0.15	0.11	0.18	0.20	0.47	0.44	0.38	0.39	0.47	1.09	0.90	0.89	0.96	0.97
Al ₂ O ₃	13.43	14.32	13.49	13.85	14.21	13.68	14.45	14.38	15.22	15.08	15.16	14.53	14.44	18.15	8.70	18.05	18.50	16.58
Fe ₂ O ₃	1.31	1.77	1.52	1.58	1.50	1.17	1.73	2.01	3.71	4.20	3.76	3.65	4.38	10.98	8.82	8.85	9.62	6.53
MnO	0.05	0.08	0.05	0.05	0.06	0.04	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.08	0.21	0.20	0.19	0.19	0.12
MgO	bdl	0.17	0.05	0.08	0.09	bdl	0.15	0.26	0.92	0.82	0.74	0.36	0.50	5.45	5.55	5.30	5.02	3.01
CaO	1.06	1.60	0.19	0.48	1.57	0.22	1.59	1.65	3.71	3.89	4.02	3.95	3.92	9.36	9.81	10.11	10.73	5.77
Na ₂ O	2.72	2.84	2.79	2.85	2.83	2.86	2.93	2.93	2.45	2.75	2.93	3.08	2.94	1.82	2.15	1.87	1.65	2.71
K ₂ O	4.99	4.75	5.43	4.81	4.54	5.59	4.71	4.60	4.66	2.25	2.28	1.71	1.95	1.53	1.23	2.25	1.68	3.37
P ₂ O ₅	0.02	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.05	0.18	0.09	0.06	0.07	0.07	0.12	0.15	0.13	0.15	0.38
L.O.I	0.50	0.80	0.50	0.80	0.80	0.60	0.60	0.90	1.26	0.90	0.90	1.13	0.94	1.90	1.60	2.73	1.51	1.00
Jumlah	99.84	100.41	99.63	99.92	100.71	100.41	100.01	100.29	99.99	100.79	100.00	100.01	100.00	100.01	100.00	99.99	100.00	100.01
Na ₂ O/ K ₂ O	0.55	0.60	0.51	0.59	0.62	0.51	0.62	0.64	0.53	1.22	1.29	1.80	1.51	1.19	1.75	0.83	0.98	0.81
A/ NK	1.35	1.45	1.28	1.39	1.47	1.26	1.45	1.46	1.66	2.15	2.06	2.08	2.06	3.86	3.80	3.25	4.04	2.03
A/CNK	1.13	1.12	1.24	1.28	1.14	1.22	1.13	1.12	0.96	1.08	1.04	1.03	1.03	0.85	0.83	0.76	0.78	0.90

* dinormalkan

bdl = di bawah had pengesanan

GraDio = Granodiorit

Jadual 2. Kepekatan unsur surih dalam bahagian persepjuta (ppm).

Nama Batuan Lokaliti Unsur	Granit Merah Jambu								GraDio	Granit Kelabu CeraH				Basalt				Andesit
	1	1a	1b	1c	2a	2b	3	3a	17 b*	Gra A	Gra B*	Gra C*	Gra D*	Dol A*	Dol B*	Dol C*	Dol D*	17a*
As	19	4	21	10	13	27	20	12	9	11	9	12	25	10	9	12	7	8
Ba	345	741	696	536	638	767	602	645	1090	459	474	312	359	415	313	278	165	1009
Co	18	7	6	17	16	14	8	13	29	39	33	6	28	54	40	23	23	29
Cr	11	10	13	13	9	15	13	12	30	22	23	21	19	70	111	126	118	61
Cu	14	15	15	16	16	16	15	16	15	19	16	16	19	10	11	12	13	14
Ni	5	6	4	5	9	6	5	4	15	6	5	8	7	12	32	41	39	26
Pb	91	79	101	102	67	44	95	118	68	102	21	13	22	bdl	bdl	bdl	82	43
Rb	351	322	335	323	319	303	335	319	235	106	103	79	98	79	86	155	137	197
Sr	140	236	152	174	239	89	230	233	438	153	173	189	162	167	196	210	185	392
V	10	15	14	14	13	10	17	19	60	52	48	49	62	187	148	157	161	114
Zn	31	40	33	36	39	21	44	48	54	59	51	55	79	114	87	95	94	84
Zr	138	154	162	168	149	117	168	174	202	160	159	163	173	89	89	87	87	185

* dinormalkan

bdl = di bawah had pengesanan

GraDio = Granodiorit

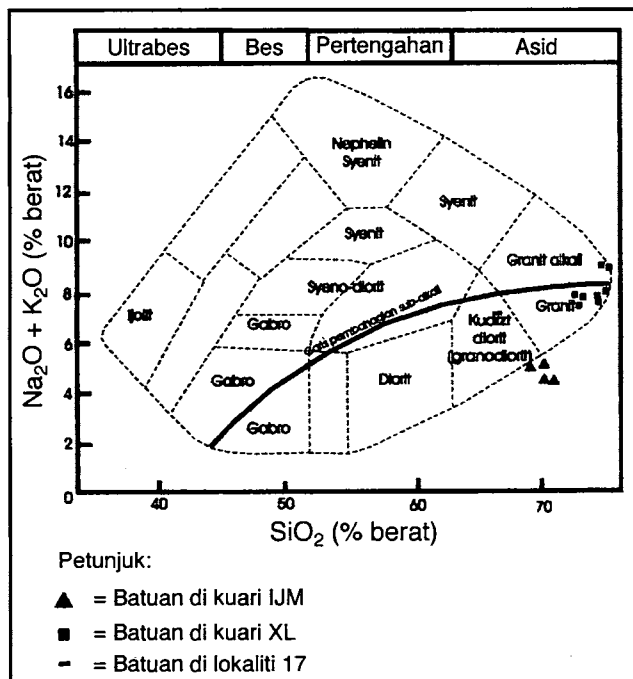
negatif (Rajah 10c).

Gambarajah A/CNK

Berdasarkan pemplotan graf yang dibuat, granit jenis-I mempunyai nilai A/CNK < 1.1 iaitu merupakan batuan yang terdiri daripada komposisi igneus jenis mafik hingga pertengahan. Granit jenis-S pula mempunyai nilai A/CNK > 1.1 yang terdiri daripada komposisi igneus jenis pertengahan hingga asid. Pengelasan ini telah dibuat oleh Chappel & White (1974).

Batuan basalt, andesit, granit kelabu cerah dan granodiorit berdasarkan kepada penamaan batuan yang dibuat mengikut gambarajah TAS, merupakan granit jenis-I. Batuan ini terletak di lokaliti 9, 10, 11 iaitu di kuari XL serta 17a dan b. Batuan granit alkali dan granit sub-alkali pula menunjukkan ciri granit jenis-S. Batuan ini terletak di lokaliti 1, 2, dan 3 iaitu di kuari IJM (Rajah 11). Namun begitu, nilai A/CNK bagi granit alkali dipercayai telah dipengaruhi oleh batuan keliling melibatkan pengkayaan Na_2O dan CaO . Oleh itu, penulis yakin ia masih boleh dikelaskan sebagai granit jenis I.

Batuan metalumina dikatakan mempunyai nilai A/CNK < 1.0, manakala batuan peralumina pula mempunyai nilai A/CNK > 1.0 (Shand, 1947). Oleh itu, didapati basalt, andesit dan granodiorit adalah jenis metalumina. Shand (1947) menjelaskan batuan metalumina sebagai batuan jenis mafik (bes) yang mengandungi mineral piroksen, hornblend dan biotit. Sementara itu, batuan granit kelabu cerah, granit sub-alkali dan granit alkali didapati jenis peralumina kerana nilai A/CNK melebihi nilai 1.0. Batuan peralumina



Rajah 3. Pengelasan kimia dan tatanama batuan berbutir kasar (batuan pluton) menggunakan gambarajah TAS oleh Cox *et al.* (1979) diubahsuai oleh Wilson (1989).

merupakan batuan jenis felsik (asid) yang mengandungi mineral biotit, muskovit, korderit, andalusit dan garnet (Shand, 1947).

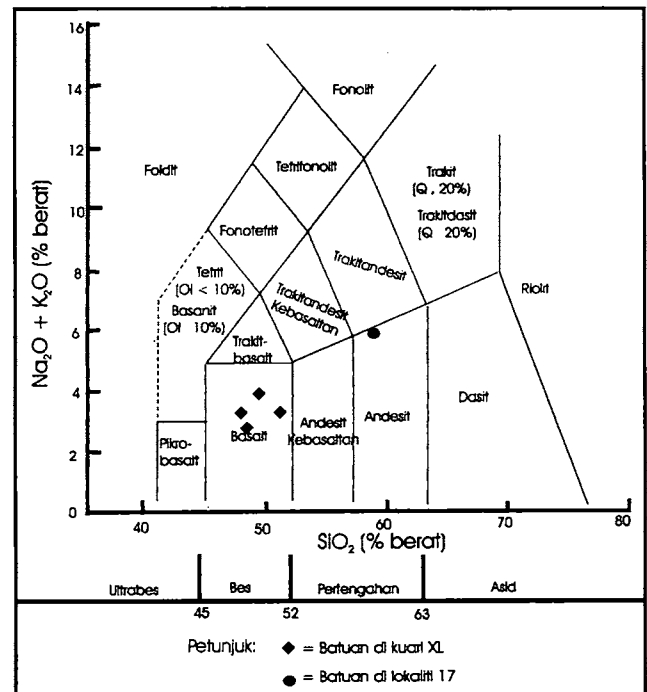
Gambarajah K_2O melawan SiO_2

Pemplotan graf K_2O terhadap SiO_2 digunakan untuk mengenalpasti tren pembezaan di antara siri toleiiit dengan siri kalk-alkali dalam siri sub-alkali (Rajah 12). Pembahagian batuan sub-alkali telah dilakukan oleh Le Maitre *et al.* (1989) dan Rickwood (1989). Le Maitre *et al.* (1989), telah membahagikan batuan kepada tiga siri iaitu kalium tinggi (K-Tinggi), kalium sederhana (K-Sederhana) dan kalium rendah (K-Rendah). Manakala, Rickwood (1989), telah membahagikan batuan kepada empat siri iaitu siri shonshonit, siri kalk-alkali tinggi, siri kalk-alkali sederhana dan siri kalk-alkali rendah (toleiiit).

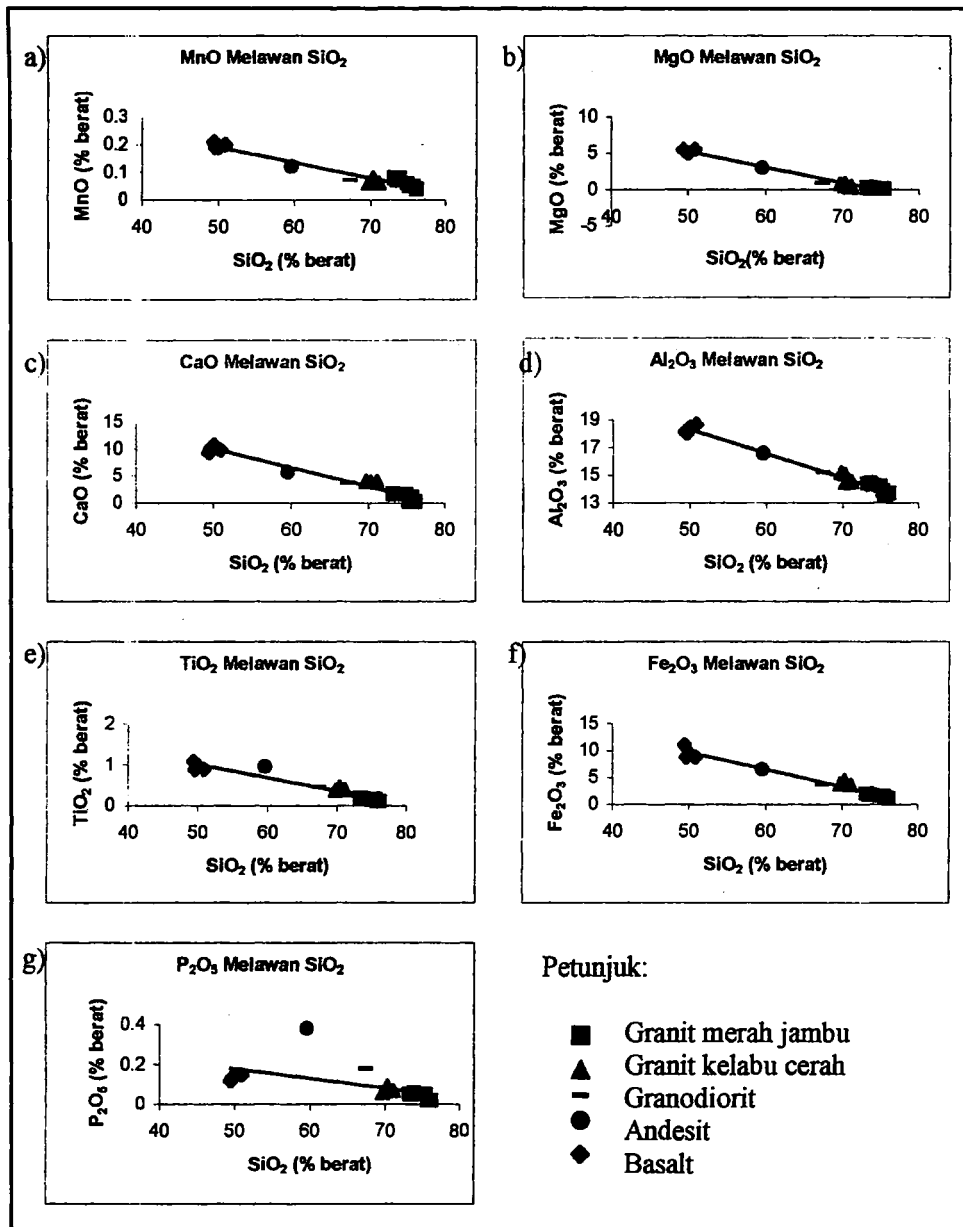
Hasil pemplotan K_2O terhadap SiO_2 menunjukkan bahawa basalt, andesit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu adalah bersiri kalk-alkali dengan K-tinggi, sementara granit kelabu cerah bersiri kalk-alkali dengan K-sederhana.

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

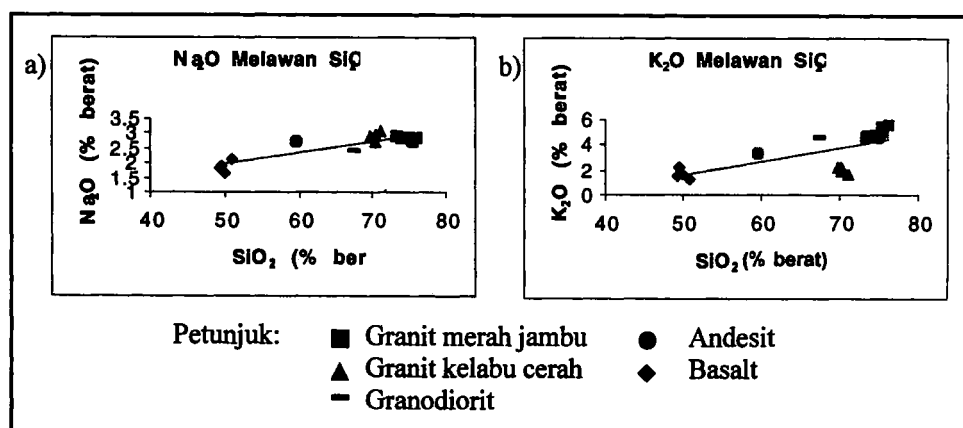
Di dalam membincangkan hasil pemplotan data yang dilakukan terhadap lima jenis batuan di kawasan kajian, penulis mengambilkira hubungan antara batuan di lapangan bagi menjelaskan kaitan antara batuan di dalam pemplotan. Basalt dan andesit merupakan korok yang memotong batuan granit merah jambu, granit kelabu cerah dan granodiorit. Oleh itu, secara relatifnya ia merupakan batuan yang lebih



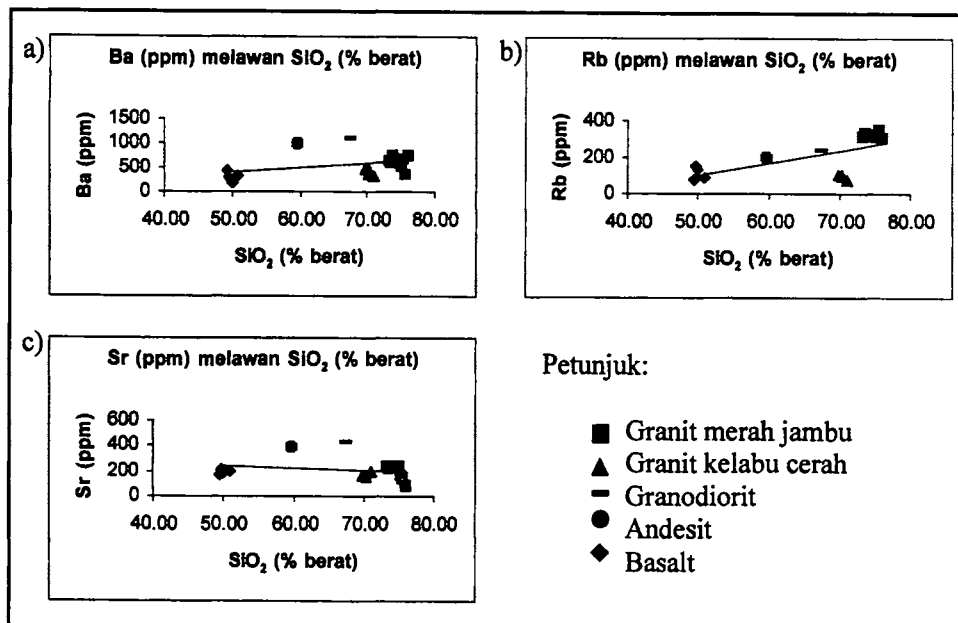
Rajah 4. Pengelasan kimia dan tatanama bagi batuan berbutir halus (batuan volcanik) menggunakan gambarajah TAS (Le Maitre *et al.*, 1989).



Rajah 5. Graf unsur-unsur major yang mempamerkan trend negatif.



Rajah 6. Graf unsur major yang mempamerkan trend positif.



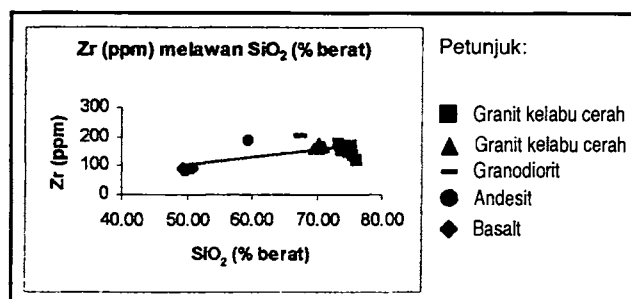
Rajah 7. Graf unsur surih bagi unsur LILE (large ion lithophile elements).

muda daripada batuan yang diterobosinya. Namun begitu, apabila kedua-dua jenis batuan ini diplotkan bersama-sama dengan batuan lain, ia mempamerkan tren yang cukup baik sehinggakan kedudukan basalt dan andesit seolah-olah menjadi batuan punca yang mengalami pembezaan membentuk granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu. Oleh itu, terdapat dua kemungkinan iaitu;

- 1) Basalt dan andesit merupakan batuan punca yang mengalami pembezaan membentuk granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu. Kewujudannya sebagai korok di dalam ketiga-tiga batuan ini disebabkan kesemua batuan ini mengablur dalam masa yang hampir sama. Selepas pengabluran granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu, terdapatnya baki leburan basalt dan andesit yang berada lebih bawah menerobos batuan ini.
- 2) Basalt dan andesit berasal daripada magma lain daripada magma yang membentuk granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu. Namun begitu, ia kebetulan mempunyai komposisi kimia yang sepadan di dalam tren pembezaan ketiga-tiga batuan ini. Oleh itu, usia terobosan basalt dan andesit ini adalah berbeza dengan ketiga-tiga batuan ini.

Bagi memastikan salah satu daripada dua kemungkinan ini, penentuan usia secara radiometri kelima-lima jenis batuan perlu dilakukan. Penulis mengabungkan kesemua data-data ini bagi memplotkan graf yang dibincangkan bagi melihat (1) kaitan antara basalt dan andesit dengan granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu dan (2) kaitan antara granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu.

Melalui gambarajah Harker unsur-unsur major dan minor, beberapa aspek petrogenesis boleh diterangkan iaitu tren pembezaan magma, punca magma dan korelasi antara batuan secara jujukan usia relatif.

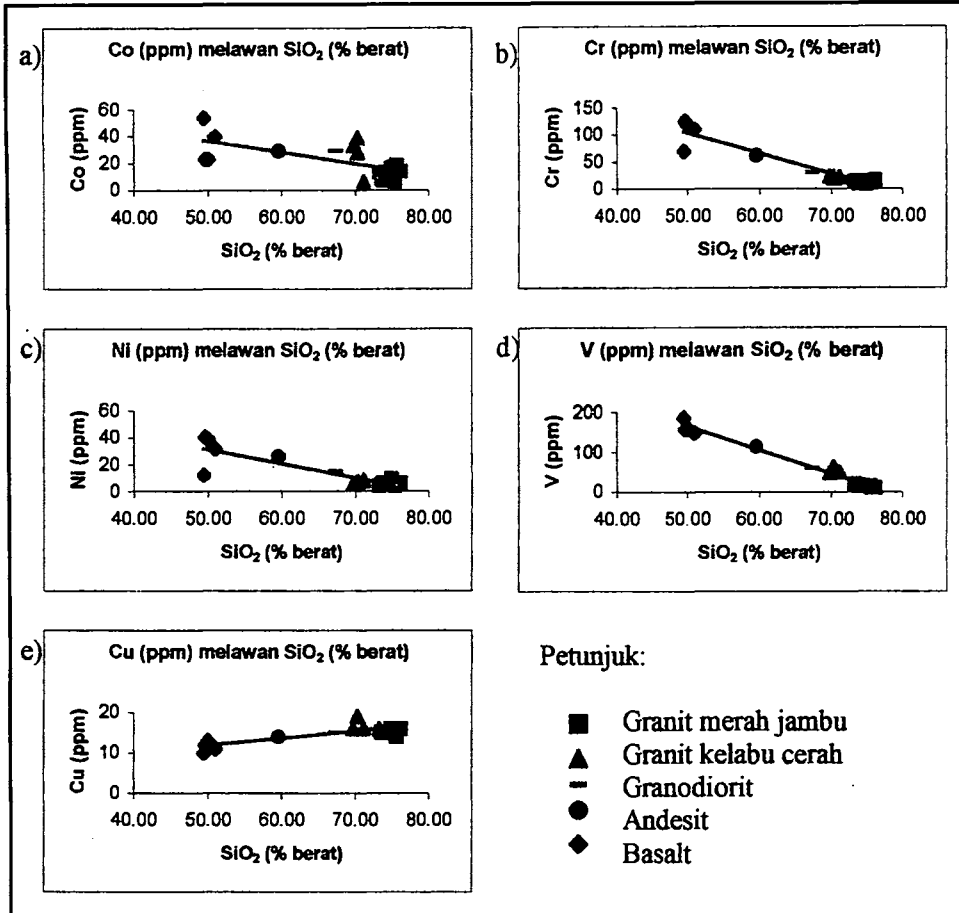


Rajah 8. Graf unsur surih bagi unsur HFSE (High Field Strength trace element).

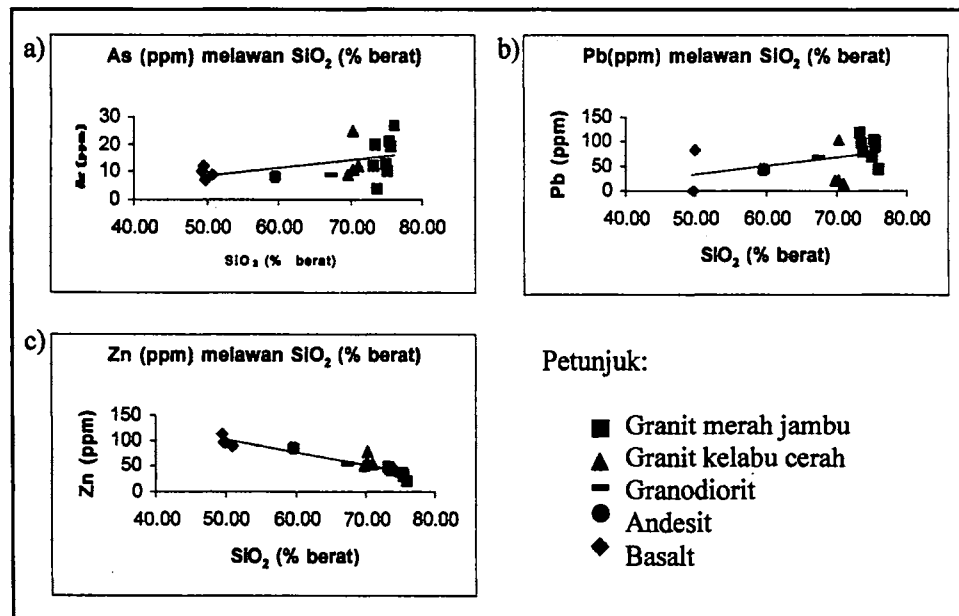
Tren pembezaan magma menunjukkan terdapatnya peralihan batuan daripada batuan bersifat bes kepada batuan bersifat asid (Rajah 5b dan f). Kesimpulan ini dibuat berdasarkan terdapatnya tren pengurangan unsur feromagnesium (Fe_2O_3 dan MgO) yang baik dan selari daripada basalt ke andesit dan granodiorit, granit kelabu cerah sehingga granit merah jambu yang selari dengan peningkatan unsur K_2O dalam batuan. Peningkatan K_2O dalam batuan dicirikan oleh kehadiran mineral berfeldspar terutamanya mikrolin yang banyak ditemui dalam batuan granit merah jambu (Rajah 6b). Selain itu juga, terdapat peningkatan sifat kealkalian yang ditunjukkan oleh unsur Na_2O yang mempamerkan tren positif (Rajah 6a).

Granodiorit, granit kelabu cerah dan granit merah jambu disimpulkan berpunca daripada magma yang sama berdasarkan tren unsur-unsur major yang selari (Rajah 5). Basalt dan andesit juga boleh berasal dari magma yang sama sekiranya ia dianggap wujud dalam masa yang hampir sama, iaitu kemungkinan kes pertama.

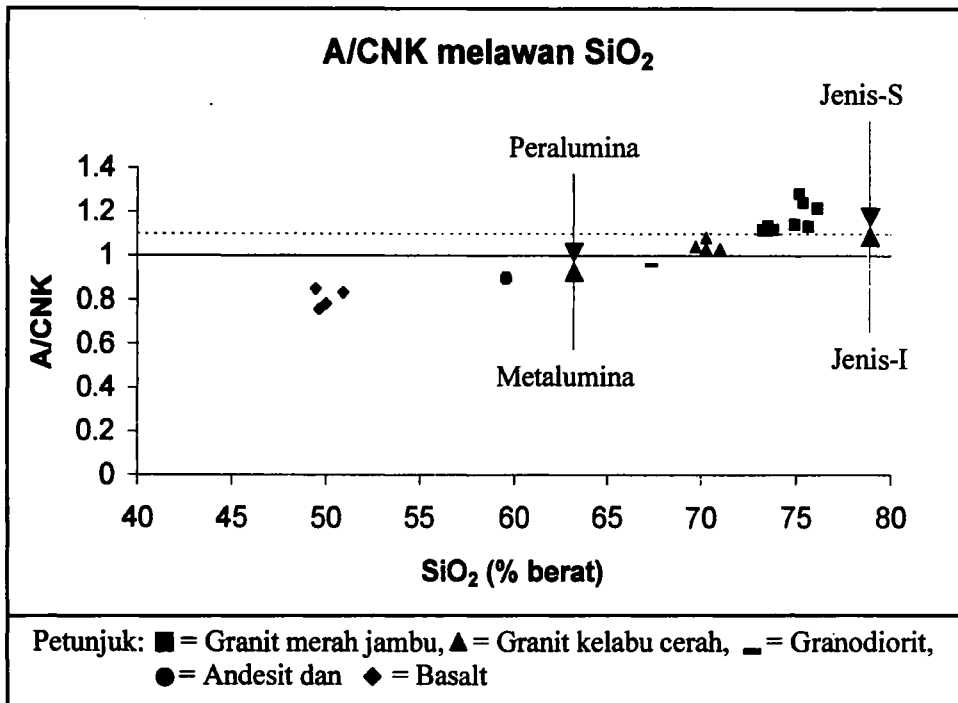
Korelasi antara batuan menunjukkan granodiorit paling awal terbentuk dan mengalami pembezaan membentuk granit kelabu cerah. Pembezaan magma seterusnya



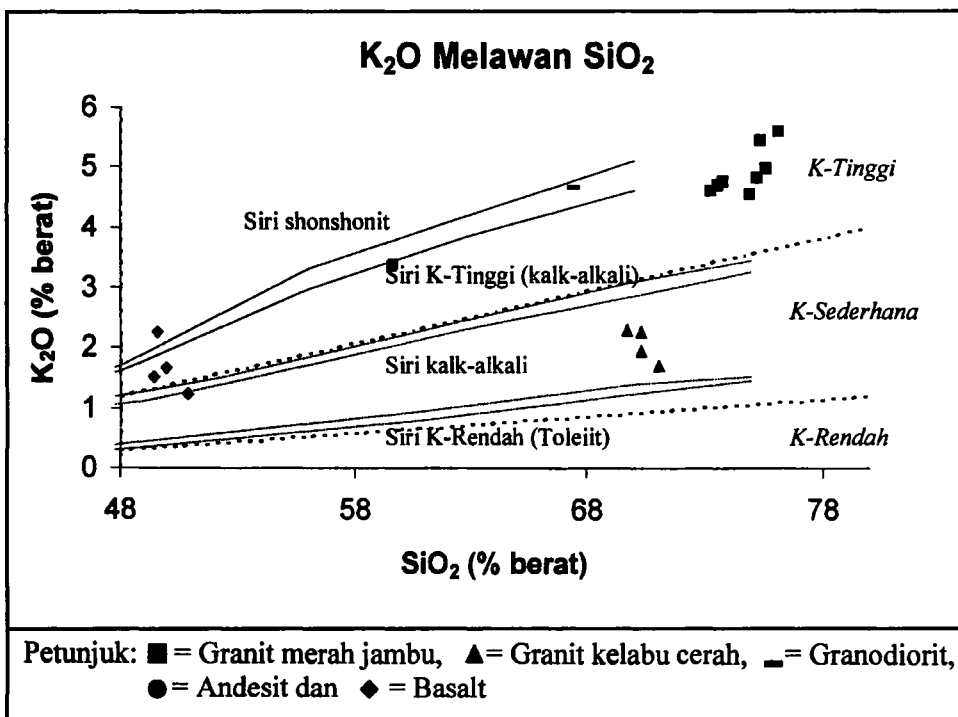
Rajah 9. Graf unsur surih bagi logam peralihan.



Rajah 10. Graf unsur-unsur surih bagi unsur logam.



Rajah 11. Plotan nisbah A/CNK bagi mentafsir komposisi kimia dan asalan magma (berdasarkan Shand, 1947 dan Chapel dan White, 1974).



Rajah 12. Plotan nisbah K₂O (% berat) terhadap SiO₂ bagi menunjukkan sub-pembahagian batuan sub-alkali oleh Le Maitre *et al.* (1989) (italik) dan Ringwood (1989).

membentuk granit merah jambu yang kaya dengan feldspar alkali. Oleh itu, secara relatifnya usia batuan bagi ketiga-tiga batuan ini ialah daripada granodiorit kepada granit kelabu cerah dan diikuti granit merah jambu. Namun begitu, pemastian di lapangan adalah penting bagi menentukan tua muda di dalam jujukan batuan berdasarkan kaitan sentuhan di antara sempadan batuan.

Unsur LILE iaitu Ba, Rb dan Sr boleh dikaitkan dengan kehadiran mineral feldspar alkali seperti ortoklas dan mikroklin serta mineral biotit. Kebiasaannya, unsur Ba akan berasosiasi dengan mineral berkalium. Mineral berkalium ini adalah seperti mineral biotit dan feldspar alkali. Unsur Ba yang wujud biasanya akan semakin berkurangan dengan bertambahnya peringkat pembezaan magma (Nockolds dan Allen, 1953). Ini disebabkan mineral berkalium yang terbentuk lebih awal telah mengambil semua unsur Ba yang terdapat di dalam magma sehingga batuan yang terbentuk lewat akan kekurangan unsur Ba ini. Manakala Kolbe dan Taylor (1996) menyatakan bahawa unsur Ba akan semakin berkurangan di dalam batuan berasid. Hasil pemplotan unsur Ba terhadap SiO_2 menunjukkan pengurangan daripada granodiorit kepada granit kelabu cerah tetapi berlaku peningkatan unsur Ba dari granit kelabu cerah kepada granit merah jambu (Rajah 7a). Faktor yang menyebabkan peningkatan ini ialah berlaku pencemaran batuan keliling semasa pembentukan granit merah jambu.

Unsur Rb biasanya berasosiasi dengan mineral-mineral kalium seperti feldspar alkali, muskovit dan biotit. Hasil pemplotan graf Rb terhadap SiO_2 menunjukkan tren penurunan daripada granodiorit kepada granit kelabu cerah tetapi bertambah di dalam granit merah jambu (Rajah 7b). Unsur Sr yang wujud biasanya boleh menggantikan unsur Ca di dalam plagioklas dan unsur K di dalam feldspar alkali (El Bouselly dan El Sokkary, 1975). Ini merupakan kesan pencemaran yang dialami oleh granit merah jambu iaitu sama dengan pengayaan Ba.

Hasil pemplotan graf Sr terhadap SiO_2 menunjukkan tren yang negatif iaitu semakin tinggi nilai SiO_2 maka semakin rendah nilai unsur Sr (Rajah 7c).

Tafsiran yang dapat dibuat berdasarkan kepada pemplotan graf unsur-unsur logam peralihan ialah berlakunya penurunan Co dan Ni dengan meningkatnya SiO_2 . Ini kerana kehadiran unsur-unsur ini adalah lebih tinggi dalam batuan ultrabes berbanding dengan batuan asid. Kenaikan unsur Cu terhadap oksida SiO_2 boleh dikaitkan dengan unsur Fe yang mana berlakunya penggantian yang membolehkan ion unsur Cu menyamar dan kemudiannya mengambil alih tempat unsur Fe dalam struktur mineral. Kehadiran Cr dan Ni yang tinggi boleh dijangkakan berpunca daripada magma asal, iaitu akibat kehadiran mineral piroksen (Kolbe & Taylor, 1966).

Bagi tren unsur-unsur logam didapati berlaku

peningkatan unsur Pb. Peningkatan ini boleh dikaitkan dengan ion K yang bersifat keelektronegatifan yang tinggi membolehkan unsur Pb menggantikan K di dalam struktur mineral yang kaya dengan unsur K seperti mikroklin, ortoklas dan biotit. Penurunan unsur Zn pula mungkin disebabkan berlakunya pemerangkapan dalam magma dan batuan semakin bersifat felsik.

Daripada gambarajah A/CNK menunjukkan kesemua batuan boleh dikelaskan sebagai granit jenis I. Pengecualian bagi granit merah jambu disebabkan berlaku pencemaran batuan keliling semasa pembentukannya menyebabkan nilai A/CNK > 1.1. Oleh itu, disimpulkan batuan granit di sekitar jalan Kulai ke simpang Layang-Layang merupakan granit mandala tengah yang berciri granit jenis I.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Program Geologi di atas kemudahan menganalisa data geokimia dengan kaedah XRF. Juga diucapkan terima kasih kepada rakan Nor Ibtisam Yunus dan Sia Chee Chuan yang bersama-sama penulis mengkaji kawasan yang berdekatan di atas segala perbincangan.

RUJUKAN

- BURTON, C.K., 1973. Geology and Mineral Resources Johore Bahru-Kulai Area, South Johore. *Map Bulletin 2, Geology Survey of Malaysia 1973*. Geological Survey Department, Ipoh.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology* 8, 173-174.
- 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.
- EL BOUSELLE, A.M. & EL SOKKARY, A.A., 1975. Relation between Rb, Ba and Sr in granitic rock. *Chemical Geology* 16, 207-219.
- GOLDSMITH, V.M., 1926. The principles of distribution of chemical elements in mineral and rocks. *Journal Chemical Society* 1, 655-672.
- KOLBE, P. & TAYLOR, S.R., 1966. Major and trace elements relationship in granodiorites and granites from Australia and Africa. *Contributed Mineral Petrology* 12, 202-222.
- 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. Blackwell, Oxford.
- NOCKOLDS, S.R. & ALLEN, R., 1953. The geochemistry of some igneous rock series. *Geochem. Cosmochim. Acta* 4, 105-142.
- RICKWOOD, P.C., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*. 22, 247-263.
- SHAND, S.J., 1947. *Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification and their Relation to ore-Deposits*. 3rd edition. New York, Wiley & Sons.
- WILSON, M., 1989. *Igneous petrogenesis*. Unwin Hyman, London.