

Geokimia Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong sebagai petunjuk kepada pembentukan dan asalan magma Kompleks Stong, Kelantan

RAMDANSHAH BACHO DAN MOHD ROZI UMOR

Program Geologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

Abstrak: Dua komponen utama Kompleks Stong, Kelantan mengikut tertib tua ke muda iaitu Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong telah di analisis dengan menggunakan teknik Pendaflour Sinar-X (XRF) bagi mendapatkan nilai kepekatan 10 unsur major dan 9 unsur surih daripada 14 sampel batuan yang mewakili. Kajian ini bertujuan menentukan proses pembentukan dan asalan magma sama ada berasal daripada Granit Banjaran Utama atau Granit Timur. Analisis unsur major seperti Rajah Harker, AFM dan A/CNK telah dilakukan, manakala analisis unsur surih dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu unsur LILE (large ion lithophile elements) dan unsur logam peralihan (trace transition metals). Rajah Harker menunjukkan dua kolerasi iaitu kolerasi positif dan kolerasi negatif. Kolerasi negatif ditunjukkan oleh unsur Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , P_2O_5 dan CaO menurun dengan kenaikan kepekatan SiO_2 . Kolerasi positif ditunjukkan oleh unsur Na_2O dan K_2O meningkat dengan kenaikan kepekatan SiO_2 . Ini menunjukkan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong termasuk dalam punca magma sama yang mengalami pembezaan. Analisis unsur major dan unsur surih menunjukkan tren pembezaan magma adalah daripada Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong. Kedua-dua Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong adalah lebih bersifat felsik mengandungi kaya alumina (peralumin) dan magma terdiri daripada siri kalk alkali. Kompleks Stong merupakan jasad granit jenis I menunjukkan ia sebahagian daripada Granit Timur.

Abstract: Two main components of the Stong Complex in the order of decreasing age are Berangkat Tonalite and Kenerong Leucogranite. The concentration of 10 major elements and 9 trace elements of 14 representative samples from these two components were analyzed using X-ray fluorescence (XRF). The purpose of this study is to identify their genesis and the origin of the magma, whether it is from the Main Range Granite Batholith or from the Eastern Belt Granite. Analysis of major elements were carried out using Harker, AFM and A/CNK diagrams, while trace elements were divided into two groups, the LIL elements (large ion lithophile elements) and the trace transition metal. The Harker diagrams show both positive and negative correlation. The negative correlation shows that the Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , P_2O_5 and CaO decrease in concentration with increasing SiO_2 . The positive correlation indicates that the Na_2O and K_2O increase in concentration with increasing SiO_2 . These suggest that the Berangkat Tonalite and Kenerong Leucogranite originated from the same magma that had undergone differentiation. The trend of magma differentiation from Berangkat Tonalite to Kenerong Leucogranite is indicated from major and trace element analysis. Both Berangkat Tonalite and Kenerong Leucogranite are more felsic in nature containing high alumina (peraluminous) and the magma is of calc-alkaline series. The Stong Complex is from I-type granites suggesting that they are part of the Eastern Belt Granite.

PENGENALAN

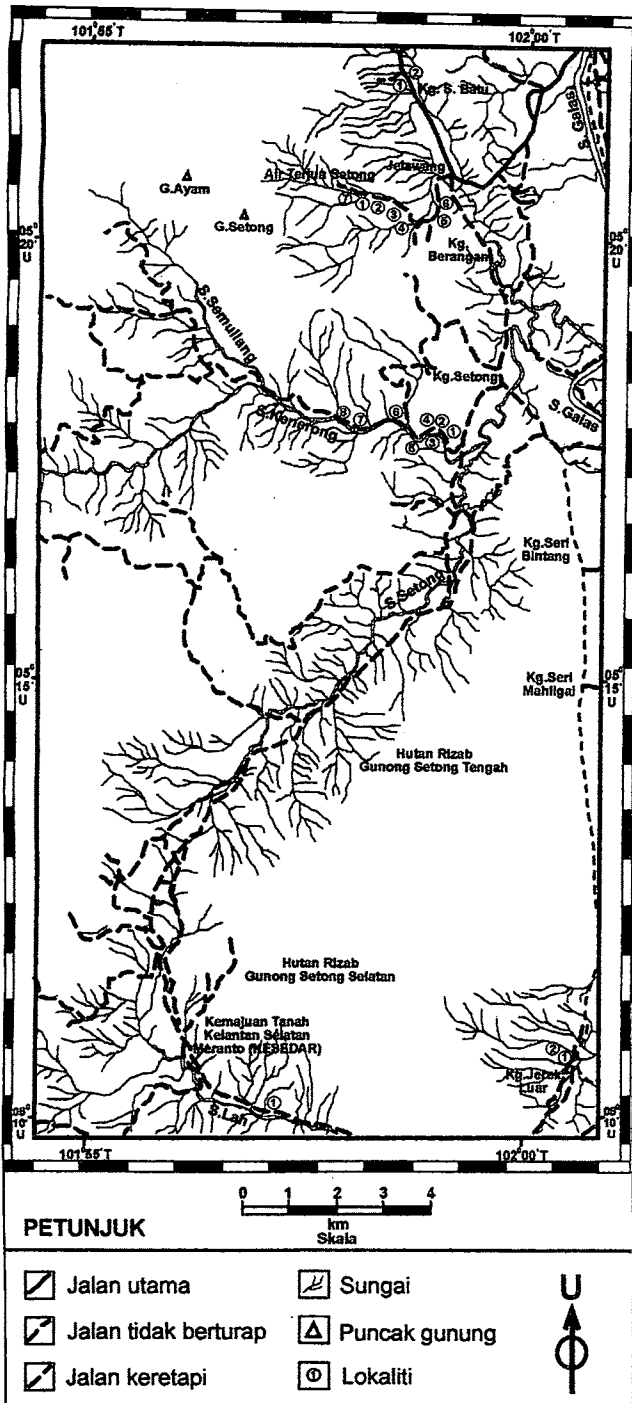
Batuan Kompleks Stong, Kelantan diwakili oleh Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong seperti yang dikaji sebelum ini oleh Santokh Singh *et al.* (1984). Tonalit Berangkat diwakili oleh singkapan sungai di Sungai Lah dan Sungai Torin. Leukogranit Kenerong diwakili oleh singkapan sungai di Sungai Kenerong, Kampung Sungai Batu dan Air Terjun Stong di Gunung Stong (Rajah 1 dan 2).

Batuan Tonalit Berangkat diwakili oleh granit biotit porfiri berbutir kasar (GBPK) dan granit biotit sederhana (GBS) manakala Leukogranit Kenerong diwakili oleh granit sederhana (GS) dan mikrogranit (MK). Ini kerana keempat-empat jenis batuan ini adalah dominan di kawasan ini.

Analisis unsur major dan unsur surih dilakukan untuk mengkaji petrogenesis batuan, tren taburan unsur-unsur geokimia, sekitaran proses pembentukan batuan dan jenis magma. Selain itu, kertas ini juga menentukan asalan batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong sama ada berasal daripada Granit Banjaran Utama atau Granit Timur.

GEOLOGI AM

Kompleks Stong terletak di bahagian utara Semenanjung Malaysia dan terbahagi kepada tiga pluton utama mengikut tertib tua ke muda iaitu Tonalit Berangkat, Leukogranit Kenerong dan Granit Noring (Santokh Singh *et al.*, 1984)(Rajah 2). MacDonald (1967) menyatakan Kompleks Stong merupakan sebahagian daripada Granit



Rajah 1. Kedudukan lokaliti cerapan dan singkapan kajian.

Banjaran Besar dikenali sebagai Kompleks Migmatit Stong. Santokh Singh *et al.* (1984) pula mempunyai pendapat berbeza dengan menyatakan bahawa Kompleks Stong berasal daripada Jaluran Granit Timur berdasarkan tekstur dan komposisi mineral.

Bignell dan Snelling (1977) telah menentukan usia Kompleks Stong ini dengan penentuan usia "gneis biotit". Dengan menggunakan kaedah K-Ar mereka mendapati usia pada mika ialah 69 ± 2 Ma dan dengan menggunakan kaedah Rb/Sr mereka mendapati berusia 66 ± 1 Ma pada sampel yang sama. Penentuan usia juga dilakukan kepada biotit di dalam granit megakris di Gunung Anak Noring

dan Gunung Noring Timur dengan kaedah K-Ar dan mendapati berusia 64 Ma dan 67 Ma. Oleh itu, penerobosan granit ialah pada masa usia Kapur.

KAEDAH ANALISIS

Persampelan

Sebanyak 38 sampel diambil di lapangan dengan 8 sampel mewakili Tonalit Berangkat dan 30 sampel mewakili Leukogranit Kenerong. Bagi Tonalit Berangkat, 4 sampel diambil dari Sungai Lah dan 4 sampel diambil dari Sungai Torin manakala untuk Leukogranit Kenerong, 4 sampel diambil dari Air Terjun Stong, 3 sampel diambil dari Kampung Sungai Batu dan 23 sampel diambil dari Sungai Kenerong. Daripada jumlah keseluruhan, cuma 13 sampel dipilih untuk dianalisis. 3 sampel bagi mewakili Tonalit Berangkat dan 10 sampel bagi mewakili Leukogranit Kenerong.

Analisis Pendaflour Sinar-X (XRF)

Analisis pendaflour sinar-X (XRF) dilakukan di Program Geologi, UKM dengan menggunakan mesin spektrometer sinar-X Philip PW 1480. Penentuan unsur major sampel disediakan dalam bentuk pelet lakur dan unsur surih sampel disediakan dalam bentuk pelet tekan. Kaedah penyediaan mengikut Norrish dan Hutton (1969).

10 unsur major terdiri daripada SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O dan P_2O_5 manakala 9 unsur surih terdiri daripada Ba, Sr, Rb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr dan V telah dianalisis.

GEOKIMIA

Analisis Unsur Major

Keputusan analisis unsur major bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong adalah seperti di dalam Jadual 1 dan 2. Secara umumnya, didapati peratus kepekatan silika adalah tinggi di dalam batuan Leukogranit Kenerong dengan julat kepekatan antara 71-74% berat sementara peratus silika di dalam batuan Tonalit Berangkat adalah rendah antara 65-70% berat. Berdasarkan kandungan silika yang >65% berat, kedua-dua batuan ini adalah lebih bersifat asid atau felsik.

Rajah Harker bagi unsur major diplotkan terhadap SiO_2 seperti di dalam Rajah 3. Rajah Harker menunjukkan dua kolerasi iaitu kolerasi positif dan kolerasi negatif. Kolerasi positif ditunjukkan oleh unsur seperti Na_2O dan K_2O yang mana tren taburan adalah meningkat terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 . Bagi batuan Tonalit Berangkat kolerasi positif ditunjukkan oleh unsur Na_2O dan K_2O manakala Leukogranit Kenerong ditunjukkan oleh unsur K_2O terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 .

Kolerasi negatif ditunjukkan oleh unsur seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , P_2O_5 , CaO dan Na_2O yang mana tren taburannya menurun terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 . Bagi batuan Tonalit Berangkat kolerasi negatif

Jadual 1. Unsur major batuan Leukogranit Kenerong.

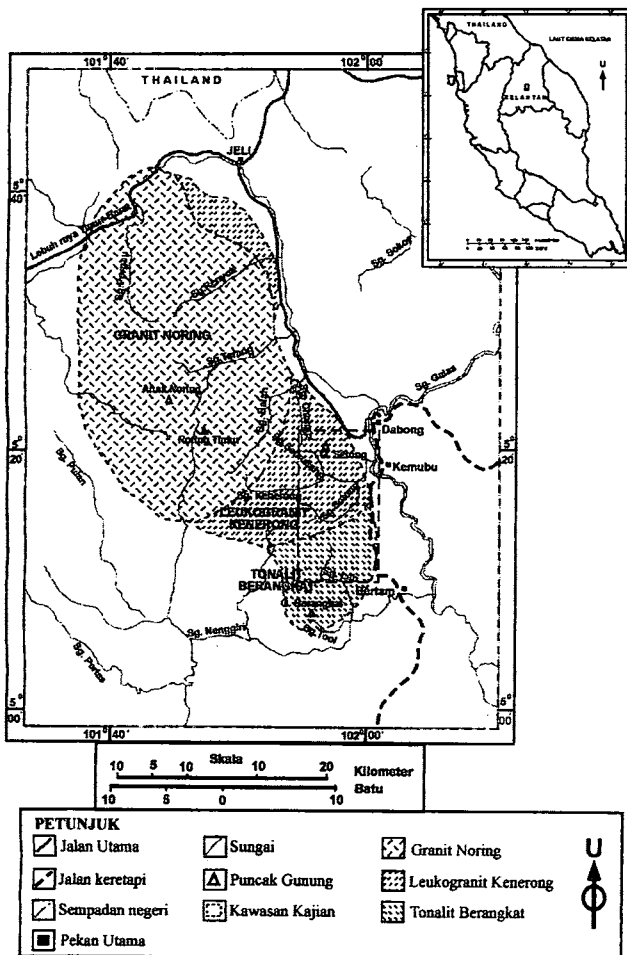
Sampel	GH		GS						GK	GFS
	No:1	No:3	No:2	No:4	No:6	No:9	No:13	No:14	No:7	No:16
SiO ₂	72.99	73.97	72.08	72.64	71.46	71.60	72.05	72.77	73.49	72.79
TiO ₂	0.21	0.18	0.24	0.17	0.28	0.26	0.23	0.23	0.19	0.17
Al ₂ O ₃	15.37	14.11	15.47	15.38	15.95	14.56	15.51	15.29	15.27	14.91
Fe ₂ O ₃	1.39	1.49	1.56	1.21	1.85	2.12	1.90	1.76	1.38	1.40
MnO	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.02
MgO	0.19	0.04	0.26	0.02	0.36	0.27	0.20	0.16	0.16	0.21
CaO	2.16	1.08	2.28	1.66	2.29	1.68	1.61	1.76	1.72	1.70
Na ₂ O	3.96	3.21	3.95	4.10	4.09	3.17	3.90	3.58	3.85	3.85
K ₂ O	3.18	5.45	3.60	4.26	3.13	4.82	3.93	3.95	3.79	3.84
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.06	0.03	0.08	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06
Total	100.03	100.03	99.99	99.97	99.97	99.24	99.95	100.03	100.35	99.34

Jadual 2. Unsur major batuan Tonalit Berangkat.

Sampel	GBPK	GBS	GBH
	No:32	No:34	No:33
SiO ₂	70.03	65.33	68.37
TiO ₂	0.30	0.73	0.51
Al ₂ O ₃	14.96	14.95	14.85
Fe ₂ O ₃	2.17	4.60	4.03
MnO	0.04	0.07	0.07
MgO	1.04	2.57	1.74
CaO	1.93	3.20	3.11
Na ₂ O	3.01	2.65	2.63
K ₂ O	5.87	4.66	3.88
P ₂ O ₅	0.15	0.30	0.19
Total	100.04	99.84	99.96

Jadual 3. Data unsur-unsur surih batuan Tonalit Berangkat.

No sampel	No:32 (ppm)	No:34 (ppm)	No:33 (ppm)
Sr*	271	373	318
Rb	334	281	246
Ba	1096	1604	1267
Zn#	26	66	60
Cu	16	40	18
Co	25	53	46
Ni	31	49	26
Cr	41	94	40
V	39	85	74



Rajah 2. Peta geologi am Kompleks Stong dan kawasan kajian.

ditunjukkan oleh unsur Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, P₂O₅ dan CaO manakala Leukogranit Kenerong ditunjukkan oleh unsur Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, P₂O₅, CaO dan Na₂O terhadap peningkatan kepekatan SiO₂.

Analisis Unsur Surih

Keputusan analisis unsur surih bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong adalah seperti yang di dalam Jadual 3 dan 4. Unsur-unsur surih boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu unsur LILE (large ion lithophile elements)

dan unsur-unsur logam peralihan (trace transition metals). Darpada Jadual 3 dan 4, didapati taburan kepekatan bagi unsur LILE adalah paling tinggi dalam kesemua batuan berbanding unsur-unsur logam peralihan.

Unsur-Unsur LILE

Unsur LILE terdiri daripada unsur Rb, Sr dan Ba. Rajah Harker diplotkan antara unsur-unsur surih terhadap kepekatan SiO₂ seperti di dalam Rajah 4. Dua tren kolerasi dapat diperhatikan iaitu kolerasi positif dan kolerasi negatif. Tren kolerasi positif ditunjukkan oleh unsur Rb bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong yang mana tren

Jadual 4. Data unsur-unsur surih batuan Leukogranit Kenerong. * : Unsur-unsur LILE (large ion lithophile elements); #: Unsur-unsur logam peralihan (trace transition metals).

No: sampel	No:1 (ppm)	No:3 (ppm)	No:2 (ppm)	No:4 (ppm)	No:6 (ppm)	No:9 (ppm)	No:13 (ppm)	No:14 (ppm)	No:7 (ppm)	No:16 (ppm)
Sr *	1012	290	1267	1282	1063	611	946	974	978	1034
Rb	153	249	189	173	134	242	236	204	148	186
Ba	1994	1365	1929	2080	2038	2697	1953	1788	1930	1468
Zn #	43	43	56	27	49	54	66	67	51	52
Cu	15	16	14	16	14	25	19	10	16	29
Co	1	18	36	1	23	41	50	14	22	14
Ni	6	2	8	1	4	6	6	13	2	11
Cr	4	7	4	4	4	1	6	7	7	8
V	20	15	30	16	33	30	30	29	19	27

taburan unsur Rb adalah meningkat terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 . Tren kolerasi negatif ditunjukkan oleh unsur Sr dan Ba bagi kedua-dua jenis batuan yang mana tren taburan unsur Sr dan Ba adalah mengurang terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 .

Unsur Sr yang wujud boleh menggantikan Ca di dalam plagioklas dan K di dalam feldspar alkali (El Bouselly dan El Sokkary, 1975). Ca di dalam plagioklas juga berkurangan dengan pengurangan Sr (Sen *et al.*, 1959). Rajah 5 menunjukkan pengurangan Ca disebabkan oleh pembentukan plagioklas berkalsium yang lebih awal semasa pembezaan magma. Pengurangan ini jelas berlaku pada batuan Tonalit Berangkat, tetapi keadaan sebaliknya berlaku bagi Leukogranit Kenerong (Rajah 5).

Unsur Rb biasanya berasosiasi dengan mineral-mineral kalium seperti feldspar alkali, muskovit dan biotit di dalam batuan, ini kerana ion Rb^+ lebih besar sedikit dari ion K^+ membolehkannya masuk ke dalam mineral kalium (Brian dan Carleton, 1989). Rb juga merupakan unsur yang tidak sepadan dan ia cenderung hadir di dalam larutan semasa proses penghabluran. Rajah 5 menunjukkan peningkatan Rb menggambarkan penambahan feldspar alkali berlaku di dalam batuan semasa peningkatan pembezaan batuan (Ahrens *et al.*, 1952). Keadaan ini jelas berlaku kepada batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong.

Ba biasanya berasosiasi dengan mineral berkalium seperti biotit dan feldspar alkali. Pengurangan Ba disebabkan oleh mineral berkalium yang terbentuk lebih awal telah mengambil semua Ba yang terdapat dalam magma sehingga batuan yang terbentuk lewat kekurangan Ba. Ini menunjukkan unsur Ba yang wujud akan semakin berkurangan dengan pertambahan peringkat pembezaan magma (Rajah 5). Kenyataan ini selaras dengan Nockolds dan Allen (1953). Kolbe dan Taylor (1966) menyatakan unsur Ba akan semakin berkurang di dalam batuan asid. Walaubagaimanapun, di dalam plot graf Ba dan Sr terhadap SiO_2 bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong, penulis mendapati ia menunjukkan hubungan positif yang mana Ba bertambah di dalam Leukogranit Kenerong. Keadaan ini juga sama berlaku pada plot graf Ba terhadap Sr (Rajah 5). Ini kemungkinan disebabkan oleh pencemaran oleh batuan keliling di dalam Leukogranit Kenerong.

Unsur-unsur Logam Peralihan

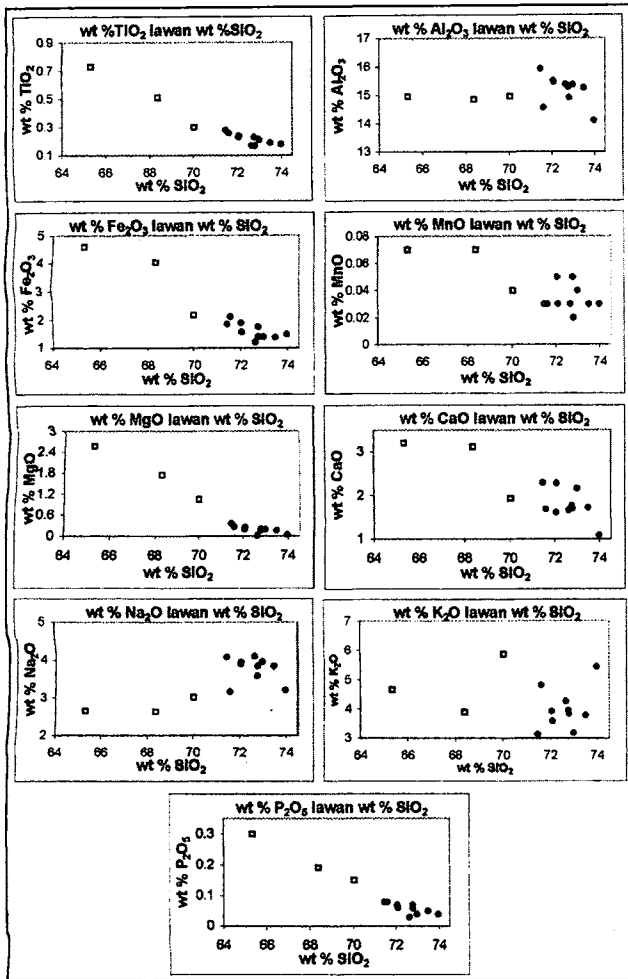
Unsur logam peralihan terdiri daripada unsur V, Cr, Ni, Cu, Zn dan Co. Rajah Harker diplotkan antara unsur-unsur surih terhadap kepekatan SiO_2 seperti di dalam Rajah 4. Dua tren kolerasi dapat diperhatikan iaitu kolerasi positif dan kolerasi negatif. Tren kolerasi positif ditunjukkan oleh unsur Cr bagi Leukogranit Kenerong yang mana tren taburan unsur Cr adalah meningkat terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 . Tren kolerasi negatif ditunjukkan oleh unsur V, Cr, Ni, Cu, Zn dan Co bagi batuan Tonalit Berangkat manakala unsur V, Ni, Cu, Zn dan Co bagi batuan Leukogranit Kenerong mana tren taburan unsur-unsur logam ini adalah mengurang terhadap peningkatan kepekatan SiO_2 . Ini menunjukkan hubungan negatif yang mana semakin bertambah peringkat pembezaan maka semakin berkurangan kepekatan unsur-unsur ini. Kenyataan ini selaras dengan Gleason *et al.* (1994) yang mana unsur logam peralihan adalah tinggi di dalam batuan mafik dan kurang di dalam batuan felsik.

Unsur V didapati mewakili mineral-mineral yang kaya Fe di dalam mineral feromagnesium seperti biotit (Brian dan Carleton, 1989) di mana mineral ini semakin berkurangan dengan peningkatan kepekatan SiO_2 semasa pembezaan berperingkat. Pengurangan ini berlaku daripada batuan Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong (Rajah 4).

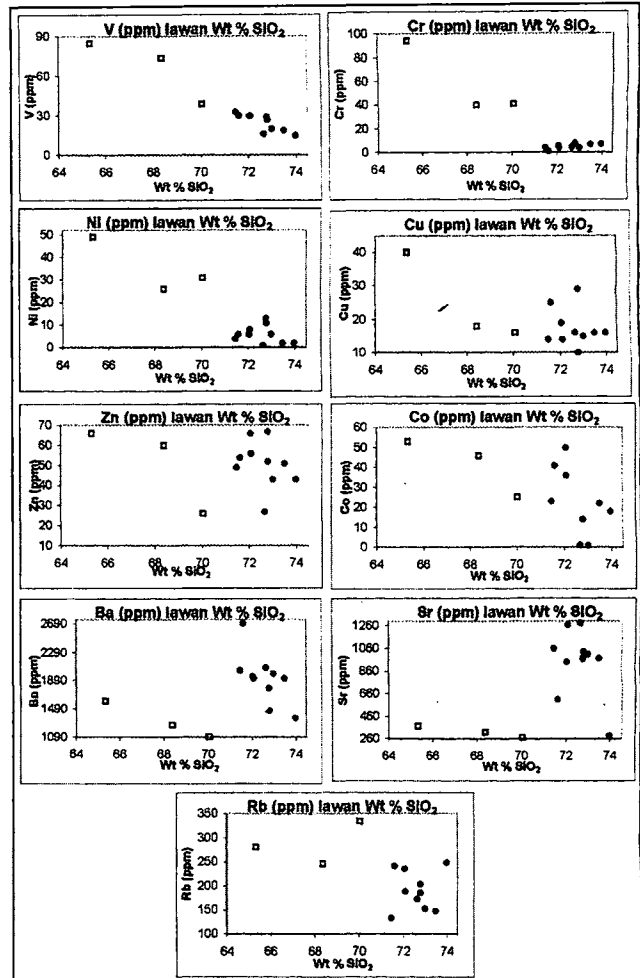
Unsur Ni mempunyai cas dan jejari sama dengan magnesium, oleh itu ia banyak didapati di dalam mineral yang kaya dengan magnesium atau mineral-mineral feromagnesium terutamanya di dalam biotit (Brian dan Carleton, 1989). Oleh itu, mineral seperti biotit ini berkurangan dengan pertambahan kepekatan SiO_2 . Keadaan ini selaras ditunjukkan oleh batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong (Rajah 4).

Unsur Cu, Zn dan Co biasanya banyak didapati di dalam mineral-mineral mafik (Arthur *et al.*, 1997). Cu, Zn dan Co berkurangan menunjukkan mineral-mineral mafik juga berkurangan dengan pertambahan kepekatan SiO_2 . Ini selaras dengan tren graf bagi batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong (Rajah 4).

Tren taburan unsur Cr positif di dalam batuan



Rajah 3. Rajah Harker unsur major bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong.



Rajah 4. Rajah Harker unsur surih bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong.

Leukogranit Kenerong dan negatif di dalam batuan Tonalit Berangkat terhadap peningkatan kepekatan SiO₂ (Rajah 4). Unsur Cr banyak di dapati di dalam mineral mafik terutamanya di dalam mineral piroksen (Brian dan Carleton, 1989). Ini menunjukkan bahawa unsur Cr bertambah dengan kepekatan SiO₂ di dalam batuan Leukogranit Kenerong dan berkurang dengan kepekatan SiO₂ di dalam batuan Tonalit Berangkat (Rajah 4). Unsur Cr wujud boleh menunjukkan pencemaran berlaku pada magma yang sama iaitu terdapat percampuran komposisi magma igneus dengan batuan keliling semasa rejahan berlaku.

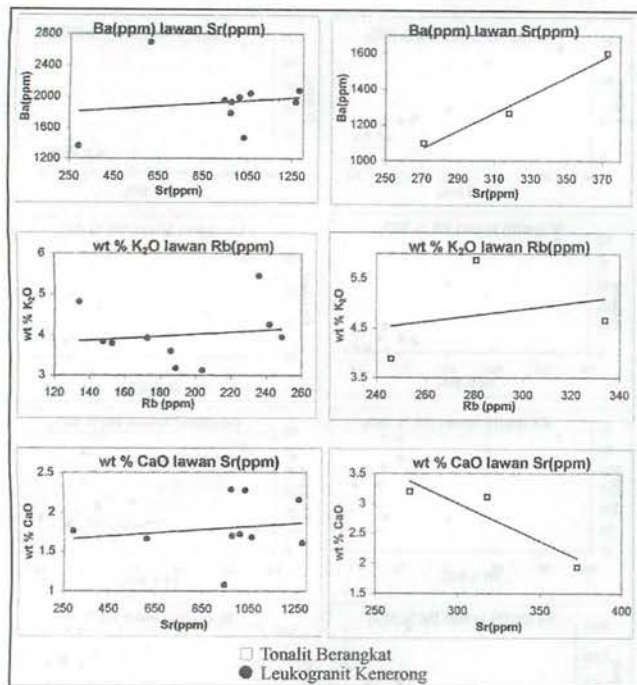
Pengkelasan Batuan

Kriteria utama ialah membezakan granit jenis I dan jenis S dan dapat diringkaskan seperti di dalam Rajah A/CNK (Rajah 6). Nilai mol A/CNK bagi batuan Tonalit Berangkat berjulat antara 0.94-1.08 dan Leukogranit Kenerong julat antara 1-1.15. Menurut Chappell dan Stephens (1988) telah mengelaskan bahawa A/CNK < 1.1, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr < 0.705 dan d¹⁸O < 9% adalah granit jenis I. Selain itu, Chappell dan White (1974) juga telah mengelaskan Na₂O > 3.2%, A/CNK < 1.1 dan tren variasi unsur yang tetap adalah granit jenis I dan Na₂O < 3.2%, A/CNK > 1.1 dan

tren variasi unsur tidak tetap adalah granit jenis S. Nilai mol A/CNK bagi batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong terletak pada parameter mol A/CNK < 1.1 dan Na₂O > 3.2% menunjukkan bahawa kedua-dua batuan adalah terdiri daripada granit jenis I.

Kedua-dua batuan adalah terletak pada parameter A/CNK > 1 atau A > CNK. Clarke (1981) mengelaskan perkadaran mol A/CNK iaitu, A/CNK > 1 = peralumina, A/CNK < 1 = metalumina dan A < CNK = peralkali. Shand (1947) juga telah mengelaskannya iaitu, A > CNK = peralumina, CNK > A > NK = metalumina dan A < NK = peralkali. Ini jelas menunjukkan batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong bersifat peralumina iaitu kandungan alumina yang tinggi dan mencirikan batuan bersifat asid atau felsik.

Pengkelasan ini disokong oleh Rajah AFM (Rajah 7). Bagi Tonalit Berangkat nilai julat alkali (A) antara 50-91%, Fe₂O₃ (F) antara 8-33% dan MgO (M) antara 0-18% manakala bagi Leukogranit Kenerong nilai julat alkali (A) antara 76-87%, Fe₂O₃ (F) antara 12-20% dan MgO (M) antara 0-4%. Kuno (1968) telah membuat satu sempadan kecil di puncak Fe₂O₃ berbanding Irvine dan Baragar (1971) dengan sempadan besar pada puncak yang sama bagi membezakan siri toleitik dan siri kalk alkali



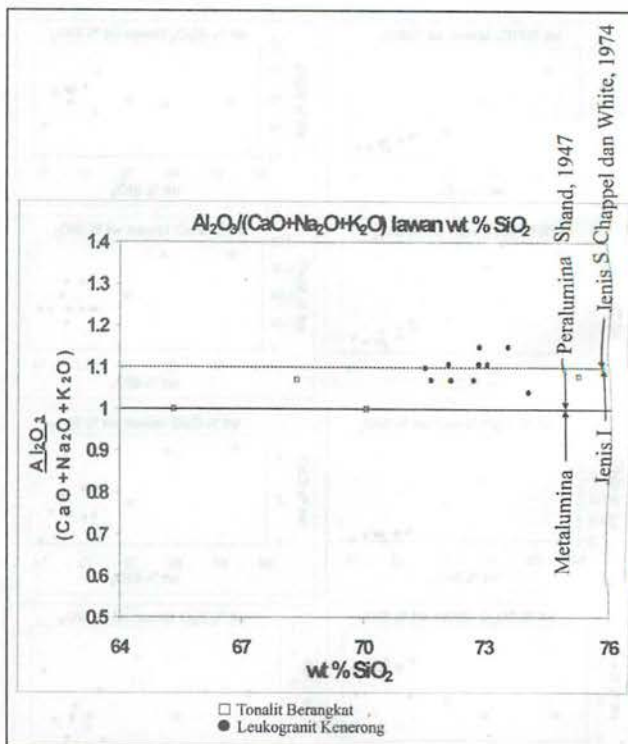
Rajah 5. Ba lawan Sr, K₂O lawan Rb dan CaO lawan Sr bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong.

(Rajah 7). Daripada pemplotan kedua-dua sampel batuan, ia kelihatan terevolusi mendekati puncak alkali menunjukkan magma adalah terdiri daripada siri kalk alkali.

Proses Pembentukan dan Asalan Magma

Rajah 3 menunjukkan tren pembezaan, kolerasi dan proses pembentukan magma bagi batuan Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong. Daripada Rajah 3 jelas menunjukkan bahawa tren atau arah pembezaan magma batuan adalah dari batuan Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong. Kandungan unsur major di dalam batuan Tonalit Berangkat relatifnya semakin berkurang ke batuan Leukogranit Kenerong. Ini selaras dengan arah pembezaan magma yang mana sifat basik berkurang secara relatif dengan pertambahan kandungan silika di dalam kedua-dua batuan. Ini diperjelaskan lagi dengan pengurangan mineral-mineral feromagnesium dan bertambahnya mineral-mineral felsik.

Tren pembezaan magma daripada Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong boleh memperlihatkan jujukan yang mana terbentuk dahulu dan kemudian atau dengan kata lain batuan yang tua atau muda. Berdasarkan tren pembezaan pada Rajah 3 dan 4, dapat ditafsirkan Tonalit Berangkat lebih tua secara relatif dalam jujukan pembezaan magma berbanding dengan Leukogranit Kenerong. Dalam siri pembezaan magma, dapat ditafsirkan bahawa magma induk menghablur separa dan membentuk Tonalit Berangkat dahulu jauh di bawah permukaan bumi, kemudian fraksi magma yang lain membeza dan menghablur membentuk Leukogranit Kenerong dan pada masa yang sama, magma ini hampir di permukaan bumi. Daripada korelasi ini juga menunjukkan bahawa Tonalit



Rajah 6. Rajah A/CNK bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong serta pengelasan kimia magma oleh Shand (1947) dan penafsiran asalan magma jenis I atau S mengikut Chappell dan White (1974).

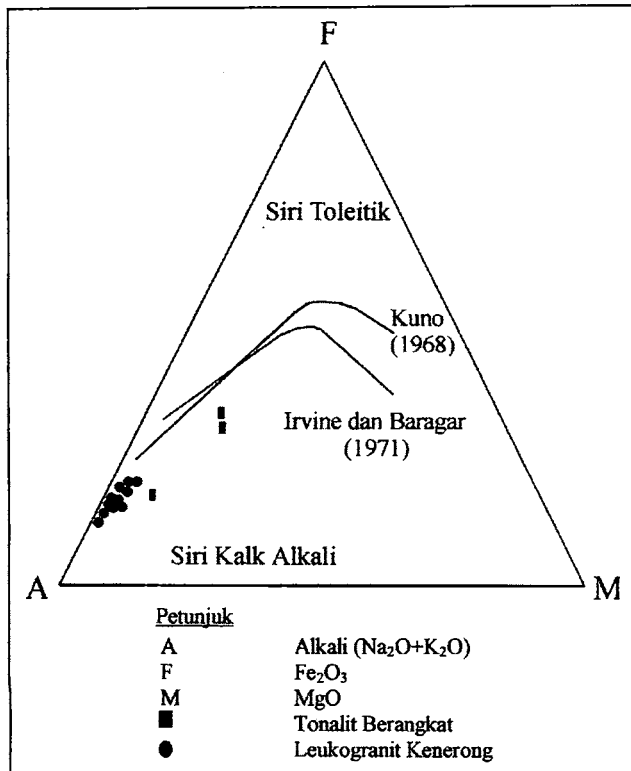
Berangkat dan Leukogranit Kenerong berasal daripada punca magma yang sama.

Keadaan yang sama juga berlaku pada unsur-unsur surih seperti di dalam Rajah 4, dengan mengambil contoh unsur V, V mewakili mineral-mineral yang kaya Fe di dalam mineral feromagnesium seperti biotit (Brian dan Carleton, 1989). Perubahan berkurangnya mineral-mineral feromagnesium semakin ketara di dalam pembezaan magma daripada batuan Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong. Keadaan ini juga sama berlaku kepada unsur-unsur surih yang lain. Oleh itu, tren pembezaan magma berlaku daripada batuan berbes ke batuan felsik. Keadaan ini juga disokong oleh evolusi Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong seperti di dalam Rajah AFM (Rajah 7).

Dari segi asalan magma, Kompleks Stong yang diwakili oleh Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong adalah terdiri daripada granit jenis I menurut pengelasan Chappell dan White (1974). Jenis granit I ini adalah sama di bahagian utara Batolit Lawit di Terengganu (Ahmad Tajuddin Ibrahim *et al.*, 2000). Oleh itu, sifat granit jenis I adalah juga merupakan sebahagian daripada Granit Timur (Cobbing *et al.*, 1992).

KESIMPULAN

Berdasarkan kolerasi dan tren pembezaan magma yang ditunjukkan oleh Rajah Harker, Rajah A/CNK dan Rajah AFM, penulis yakin bahawa Tonalit Berangkat adalah lebih



Rajah 7. Rajah segitiga AFM bagi penentuan Siri Toleitik dan Siri Kalk Alkali mengikut Kuno (1968) dan Irvine dan Baragar (1971) bagi Tonalit Berangkat dan Leukogranit Kenerong.

tua secara relatif berbanding Leukogranit Kenerong kerana ia terbentuk dahulu dalam siri pembezaan magma walaupun tidak dijumpai sempadan antara kedua-dua unit ini di lapangan. Arah pembezaan magma adalah daripada Tonalit Berangkat ke Leukogranit Kenerong. Ini jelas menunjukkan bahawa proses pembentukan Kompleks Stong berasal daripada punca magma yang sama yang mengalami pembezaan berperingkat dan ia merupakan jasad granit jenis I merupakan sebahagian daripada Granit Timur. Namun begitu, kesimpulan ini juga mengambil kira daripada cerapan lapangan dan kajian petrografi secara keseluruhannya.

Kenyataan di atas, telah mengubah pendapat MacDonald (1967) yang menyatakan Kompleks Stong ini merupakan sebahagian daripada Granit Banjaran Besar. Walau bagaimana pun, pendapat Santokh Singh *et al.* (1984) yang menyatakan Tonalit Berangkat lebih tua berbanding Leukogranit Kenerong dan Kompleks Stong merupakan sebahagian Granit Timur adalah dipersetujui oleh penulis.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia atas peruntukan analisis unsur major dan unsur surih. Terima kasih juga diucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penerbitan kertas kerja ini.

RUJUKAN

- AHMAD TAJUDDIN IBRAHIM, MOHD. RASHID SALUKI DAN AZMAN ABDUL GHANI, 2000. Geochemistry of the Granitic Rocks from North of the Lawit Batholith, Besut, Terengganu. *Proc. Annual Geol. Soc. Conf. Malaysia, 2000*, 73-79
- AHRENS, L.H., PINSON., W.H DAN KEAMS, M.M., 1952. Association of rubidium and potassium and their abundance in common igneous rocks and meteorites. *Geochem. Acta* 2:229-294.
- ARTHUR, W. R., HERBERT, E.H. DAN JOHN, S.W., 1997. *Geokimia dalam penjelajahan mineral*. Bahagian 1. Terj. Wan Fuad Wan Hassan dan Tan Teong Hing. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- BIGNELL, J.D DAN SNELLING, N.J., 1977. Geochronology of Malayan granites. *Overseas Geol. and Miner. Resour.*, No 47. London: H.M Stationery Office.
- BRIAN, M. DAN CARLETON, B.M., 1989. *Prinsip-prinsip Geokimia*. Terj. Wan Fuad Wan Hassan dan Alias Hj. Salleh. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- CHAPPELL, B.W. AND WHITE, A.J.R., 1974. Two contrasting granite type. *Pacific Geol.*, 8:173-174.
- CHAPPELL, B.W. DAN STEPHENS, W.E., 1988. Origin of infracrustal (I-type) granite magmas. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* 79:71-86.
- CLARKE, D.B., 1981. The mineralogy of peraluminous granites; a review. *Can. Mineral.* 19:3-17.
- COBBING E.J., PITFIELD P.E.J., DARBYSHIRE D.P.F. DAN MALLICK D.I.J., 1992. The granites of the South-East Asian tin belt. *Overseas Memoir* 10. B.G.S.
- EL BOUSELLY, A.M DAN EL SOKKARY, A.A., 1975. Relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chem. Geol.*, 16:207-219
- GLEASON, J.D., MILLER, C.F., WOODEN, J.L. DAN BENNET, V.C., 1994. Petrogenesis of the highly potassic 1.42 Ga Barrel Spring pluton, south eastern California, with application for Proterozoic magma genesis in south western USA. *Contrib. Mineral Petrol.*, 118:182-197
- IRVINE, T.N., DAN BARAGAR, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8:523-548
- KOLBE, P. DAN TAYLOR, S.R., 1966. Major and trace elements relationship in granodiorites and granites from Australia and Africa. *Contrib. Mineral Petrol.*, 12:202-222.
- KUNO, H., 1968. Differentiation of basalt magmas. *Dlm: Hess H.H. dan Poldervaart A. (eds.) Basalt: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*, Vol. 2. Interscience, New York, pp. 623-688.
- MACDONALD, S., 1967. Geology and Mineral resources of North Kelantan and North Terengganu. *District Memoir 10*, Geological Survey of Malaysia.
- NOCKOLDS, S.R. DAN ALLEN, R., 1953. The geochemistry of some igneous rock series. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 4:105-142
- NORRISH, K. DAN HUTTON, J.T., 1969. An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of wide range of geological samples. *Geochim Cosmochim. Acta*, 33:431-453
- SEN, N., NOCKOLEDS, S.R. DAN ALLEN, R., 1959. Trace elements in mineral from rocks of California batholith. *Geochim. Cosmochim. Acta* 16:58-78
- SHAND, S.J., 1947. *Eruptive rocks. Their Genesis, composition, classification, and their relation to ore deposits*, 3rd edition, J. Wiley & Sons, New York, 488 pp.
- SINGH, D.S, CHU L.H, TEOH, L.H, LOGANATHAN, P, COBBING, E.J DAN MALLICK, D.I.J, 1984. The Stong Complex: A Reassessment. *Geo. Soc. Malaysia Bulletin* 17:16-77