

PETROLOGI BATUAN MAGMATIS NEOGEN DAERAH PANGKALAN KOTABARU LIMAPULUH KOTA SUMATERA BARAT

Bhakti H. Harahap

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro No. 57 Bandung - 40122

SARI

Produk utama kegiatan magmatisme periode Neogen di daerah Pangkalan Kotabaru yang dirajah dalam diagram TAS (total alkali terhadap silika), menunjukkan batuan yang cukup bervariasi, yaitu andesit traki basaltan (*basaltic trachy andesite*), andesit basaltan (*basaltic andesite*), dan dasit. Selanjutnya dalam diagram SiO_2 terhadap K_2O , sebagian besar batuan gunung api ini diklasifikasikan sebagai seri kalk-alkalin K-tinggi dan jarang kalk-alkali normal, dan toleit. Pada diagram AFM seluruh percontoh batuan terkonsentrasi di sekitar batas pemisah seri kalk-alkalin dan toleit. Pada umumnya, pola geokimia batuan gunung api berumur Neogen di daerah ini dicirikan oleh kandungan-kandungan alumina (Al_2O_3) tinggi (15,50 - 18% berat), magnesium (MgO) rendah (2-5 % berat), alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) kurang dari 8% berat, dan titanium (TiO_2) kurang dari 1% berat. Sementara unsur-unsur minor yang dirajah dalam diagram laba-laba memperlihatkan pola grafik dengan pengayaan LILE (*Large Ion Lithophile Elements*) dan LREE (*Light Rare Earth Elements*) relatif terhadap HFSE (*High Field Strength Elements*) dan HREE (*heavy REE*). Demikian juga pola grafik pada unsur Nb yang menukik menyerupai lava yang terjadi pada busur gunung api. Sifat khas kimiawi batuan ini mempunyai kandungan unsur Rb, Sr, dan La yang rendah dibandingkan dengan tepian benua aktif lainnya, seperti batuan gunung api Andean. Seperti halnya pada batuan-batuan yang berkaitan dengan penunjaman, batumannya mempunyai ciri magma yang terevolusi dengan kandungan MgO sebesar 1-5 % berat dan nilai Mg# ($\text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO}_{\text{total}}$) maksimum sebesar 40. Pulau Sumatera merupakan tepian barat daya Kraton Sunda (*Sundaland*) tempat Lempeng Samudra India menunjam secara miring di bawah pulau ini sejak Eosen. Batuan gunung api Neogene dari daerah Pangkalan Kotabaru diinterpretasikan berkaitan langsung dengan proses penunjaman ini.

Kata kunci: magmatisme, geologi, Pangkalan Kotabaru, petrologi, Neogen

ABSTRACT

Neogene magmatic product in Pangkalan Kotabaru region are plotted by using TAS diagram (total alkali versus silica), and they have wide variations of rocks namely basaltic trachy andesite, basaltic andesite and dacite. On diagram SiO_2 versus K_2O , most of the Neogene andesite and dacite are classified as high-K calc-alkaline and rare normal calc-alkaline and tholeiite, and on AFM diagram the samples are concentrated around the dividing line between calc-alkaline and tholeiitic fields. In general, the Neogene volcanic rocks from this area are characterized by high aluminium (Al_2O_3) that varies from 15.50 - 18 wt%, low MgO (2-5 wt%), alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) content less than 8 wt% and low TiO_2 (<1 wt%). While the trace element of the rocks is summarized on the spider diagram. Here their patterns are showing enrichment in large ion lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) relative to high field strength elements (HFSE) and heavy REE (HREE). Moreover, these patterns show an Nb negative anomaly that resembles the typical characteristic of arc volcanism. The geochemical characteristic of the volcanic rocks from this area have lower concentrations of Ba, Sr and La than other active continental margins like the Andes volcanic rocks. Like many other subduction related rocks, this volcanism characterizes a very evolved magma with MgO contents ranging from 1-5wt% and low Mg# ($\text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO}_{\text{total}}$) at maximum of 40. The island of Sumatera is on the western side of the Sunda Craton (*Sundaland*) where India-Australia Oceanic Plate is being obliquely subducted beneath the island since Eocene. The Neogene volcanic rocks from Pangkalan Kotabaru region have been interpreted to be directly related to this subduction process.

Key words: magmatism, geology, Pangkalan Kotabaru, petrology, Neogene

PENDAHULUAN

Pulau Sumatera yang merupakan tepian barat daya Kraton Sunda (*Sundaland*) tempat Lempeng Samudra India menunjam secara miring di bawah pulau ini sejak Eosen telah memicu kegiatan vulkanisme, khususnya di sepanjang Zona Sesar Sumatera. Salah satu hasil erupsinya berasal dari Kaldera Maninjau yang pada umumnya terdiri atas lava andesit yang diklasifikasikan sebagai kalk-alkalin ber-K tinggi (Harahap dan Abidin, 2006; Harahap, 2006). Batuan gunung api yang dibahas dalam makalah ini berasal dari daerah Pangkalan Kotabaru berlokasi di bagian timur laut Bukit Barisan dan tidak termasuk bagian dari zona utama Sesar Sumatera. Daerah penelitian menempati lembar peta geologi Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995) dan Pekanbaru (Clarke dkk., 1982a,b). Penelitian petrologi batuan magmatis Neogen daerah Pangkalan Kotabaru merupakan bagian dari penelitian terpadu Magmatisme Zona Bukit Barisan dan Lajur Timah Bangka-Belitung Pusat Survei Geologi (PSG). Pendanaannya berasal dari proyek kegiatan penelitian magmatisme PSG tahun anggaran 2006. Penelitian dilakukan pada bulan April 2006 meliputi ruas jalan raya Payakumbuh - Pangkalan Kotabaru - Bangkinang. Secara administratif daerah penelitian termasuk Kabupaten Limapuluh Kota, Propinsi Sumatera Barat, dengan ibukotanya Tanjung Pati/ Payakumbuh (Gambar 1).

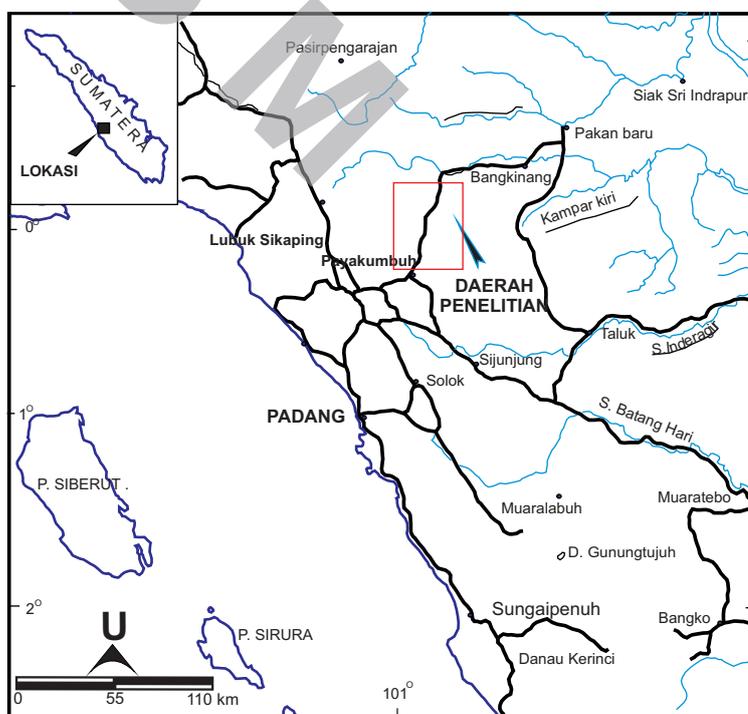
Walaupun telah dilakukan penelitian geologi di daerah ini seperti oleh Silitonga dan Kastowo (1995), namun belum pernah dipelajari petrologi batuan magmatismenya. Oleh karena itu, makalah ini akan membahas petrologinya termasuk petrografi dan geokimia yang tujuannya membuat klasifikasi/nomenklatur dan menginterpretasikan petrogenesis dan lingkungan tektoniknya.

Penelitian geologi dan magmatisme yang dilaksanakan di daerah Pangkalan Kotabaru, pada dasarnya mempelajari batuan yang berasal langsung dari proses magmatisme dan hubungannya dengan geologi di sekitarnya. Penelitian terperinci ini meliputi petrologi, baik megaskopis maupun petrografis dan geokimia. Dengan telah teridentifikasinya petrologi

batuan gunung api di daerah ini yang posisinya secara regional berada di belakang busur gunung api aktif, seperti Kaldera maninjau, Gunung Talamau, dan Gunung Marapi, tentunya akan dapat membantu menginterpretasikan magmatisme dan tektonik regional Sumatera Barat.

METODOLOGI

Pemercontohan dilakukan pada tahun 2006 dalam rangka penelitian geologi oleh PSG. Sebanyak 59 percontoh telah dikoleksi di lapangan dan sebanyak 19 percontoh terpilih telah dikirim ke Laboratorium PSG untuk penelitian petrografi dan geokimia unsur utama. Hasil analisis terlihat pada Tabel 1. Beberapa percontoh batuan mempunyai kandungan *LOI Loss of Ignition* yang tinggi (>4% berat). Hal ini karena batuan tersebut lapuk. Dalam penelitian ini digunakan peta topografi skala 1:50 000 sebagai peta lintasan. Lokasi singkapan diukur dengan GPS (*Global Positioning System*). Determinasi petrografi dilakukan oleh penulis dengan menggunakan mikroskop binokuler, pengambilan foto sayatan dilakukan oleh Saudara Hery (tehnisi). Analisis unsur utama menggunakan alat XRF (*X-ray Fluorescence*), analisis unsur jejak dan unsur langka dengan ICP-MS di PSG Bandung.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

GEOLOGI

Daerah Pangkalan Kotabaru termasuk ke dalam deretan Pegunungan Barisan yang bertindak sebagai tulang punggung Pulau Sumatera, menempati bagian timur laut Pegunungan Bukit Barisan dengan ketinggian antara 500 dan 1000 m dpl (di atas permukaan laut). Daerah ini mempunyai morfologi yang sangat khas, yaitu dataran aluvium yang tererosi sangat dalam dan diapit bukit tinggi dengan tebing vertikal.

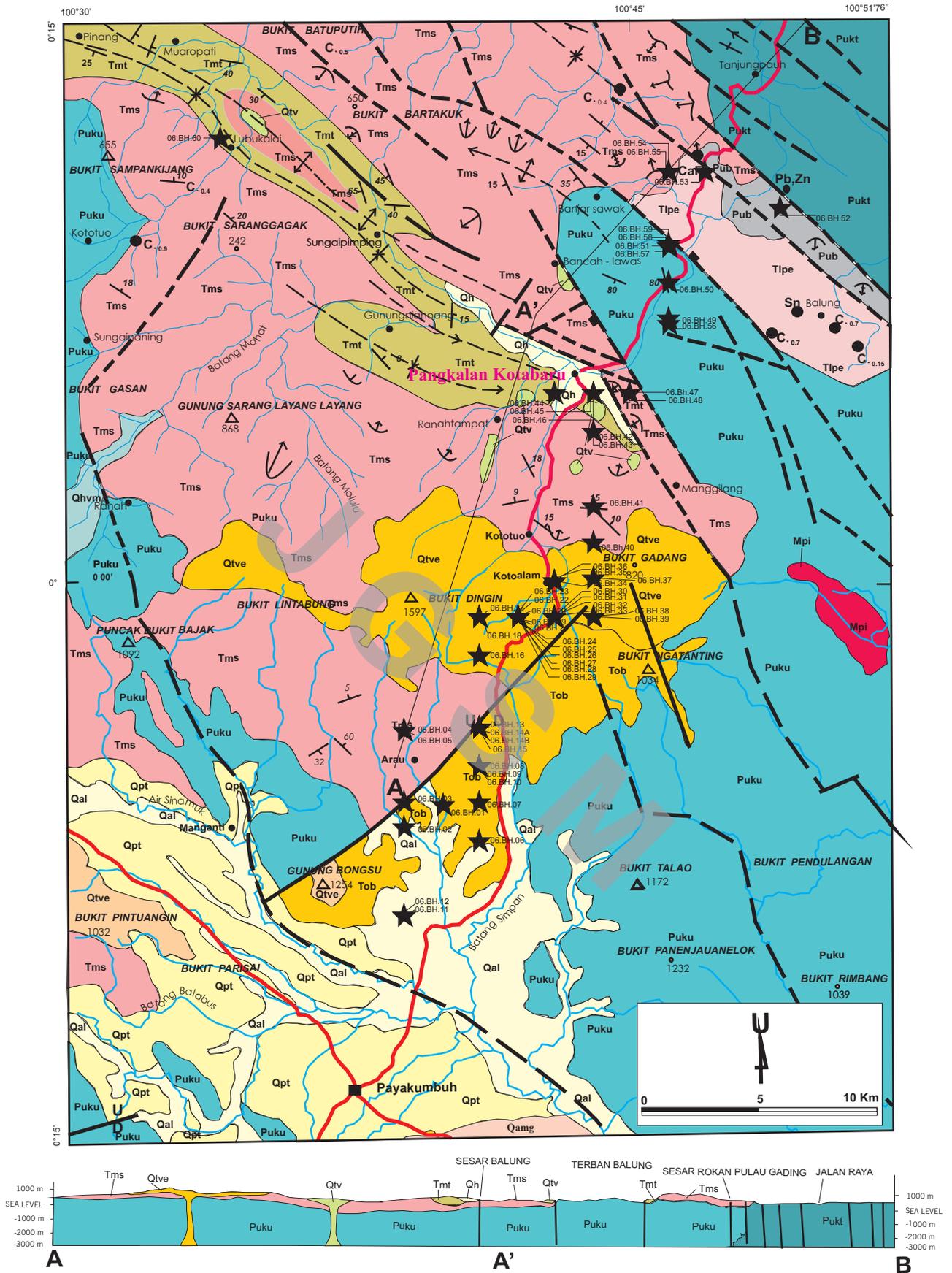
Geologi daerah Pangkalan Kotabaru ditunjukkan pada Gambar 2. Batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Kuantan dari Kelompok Tapanuli berumur Perem-Karbon (Silitonga dan Kastowo, 1995) yang terdiri atas batuan malihan (perselingan serpih, lanau, batupasir kuarsa) dan batuan malihan (filit, sekis, kuarsit, dan pualam). Formasi Kuantan secara tidak selaras tertutup oleh Formasi Brani dan Formasi Pematang berumur Oligosen, yang kemudian ditutupi secara tidak selaras di atasnya oleh Kelompok Kampar (Formasi Sihapas dan Telisa) berumur Oligosen- Miosen. Di bagian utara daerah penelitian Kelompok Kampar ditindih secara tidak selaras oleh batulumpur Formasi Petani. Selanjutnya Formasi Petani ditutupi secara tidak selaras oleh batuan klastika kasar berumur Kuartar (Fm Minas dan Fm Kerumutan).

Geologi di sepanjang lintasan daerah wisata Arau (06BH01-06BH04) (Gambar 2) pada umumnya didominasi oleh batuan klastika kasar berupa konglomerat dan batupasir, dan pada bagian paling atas terdapat selingan batulempung putih. Perlapisan batuan berkemiringan sangat rendah (kurang dari 5°) sampai datar. Beberapa bagian ditafsirkan sebagai silang-siur dari suatu sedimen delta (perlu penelitian lanjut), yang litologinya berupa perselingan lapisan tebal antara batupasir dan konglomerat mencapai 50 m. Konglomerat terdiri atas kepingan batuan malihan (kuarsit, filit, dan sabak), batuan gunung api, dan rijang, pemilahan baik dengan ukuran butir 3 - 5 cm dan jarang berukuran 25 cm. Massa dasar dan semen berupa pasir sedang sampai kasar. Batupasir berwarna merah dan umumnya berbutir kasar. Silitonga dan Kastowo (1995) memasukkan litologi daerah wisata Arau ini ke dalam Formasi Brani, yang diklasifikasikan sebagai endapan delta dan aluvium yang terbentuk pada kala Oligosen.

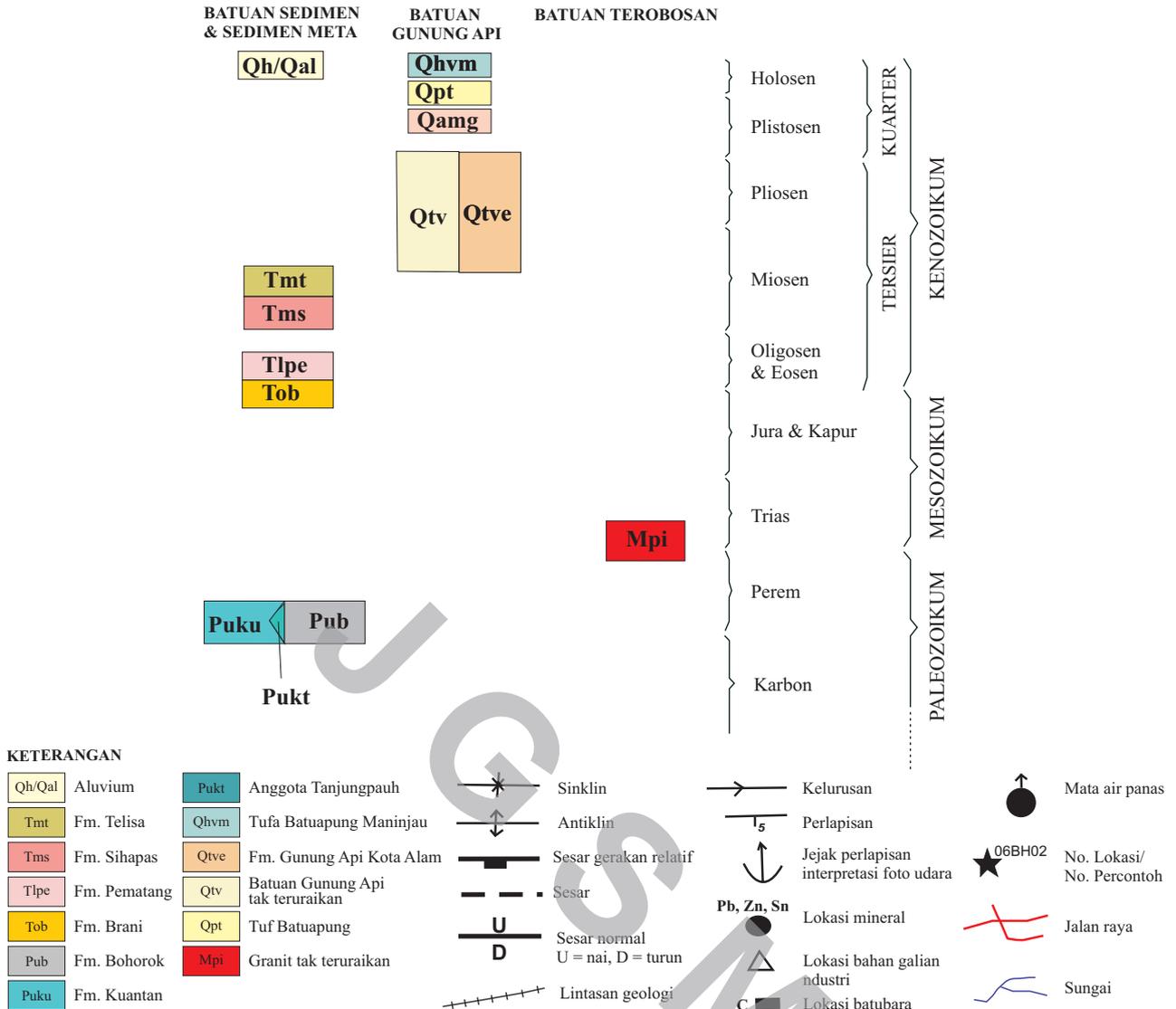
Geologi di sepanjang jalan utama (06BH05-06BH15, Gambar 2) terdiri atas batuan sedimen klastika kasar (Formasi Brani), batuan malihan (filit, sabak, dan kuarsit) dan batuan gunung api (lava andesit, breksi, aglomerat, dan tuf). Pada lokasi 06BH05-06BH07 tersingkap batupasir kuarsa dengan sisipan serpih dan berada tidak selaras di bawah Formasi Brani. Singkapan batupasir ini merupakan zona patahan dengan adanya gerusan dengan lipatan terseret (*drag fold*) dan cermin sesar (*slicken side*). Ke arah timur (lokasi 06BH08), tersingkap batuan malihan Formasi Kuantan berumur Perem-Karbon (Silitonga dan Kastowo, 1995) dan secara tidak selaras ditutupi oleh konglomerat Formasi Brani. Daerah antara lokasi 06BH08 dan 06BH15 didominasi oleh batuan malihan berupa filit, kuarsit, batupasir merah, dan batulumpur merah. Secara umum, di beberapa tempat malihan ini telah terkekarkan dan sangat intensif, serta berkembang zona sesar dengan kehadiran milonit (lokasi 06BH14). Di sekitar lokasi ini ditemukan juga urat kuarsa dengan kalsedon mengisi rekahan di dalam batuan sedimen meta, akan tetapi tidak terlihat adanya mineralisasi penting.

Geologi lintasan dari Kampung Ulu Air sampai Kota Alam yang terletak pada garis equator (lokasi 06BH16 - 06BH35), terdiri atas batuan gunung api berupa lava andesit, aglomerat, dan tuf. Di dalam peta geologi lembar Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995) gunung api ini dinamakan Satuan Andesit sampai Basal (Ta), sedangkan di lembar Pekanbaru (Clarke dkk., 1982a,b) batuan gunung api yang sama dinamakan sebagai Formasi Kota Alam (Qve). Kedua unit ini berumur Miosen - Pliosen. Batuan gunung api ini tersingkap sebagai kerucut atau subgunung api (*volcanic neck*) (Gambar 3).

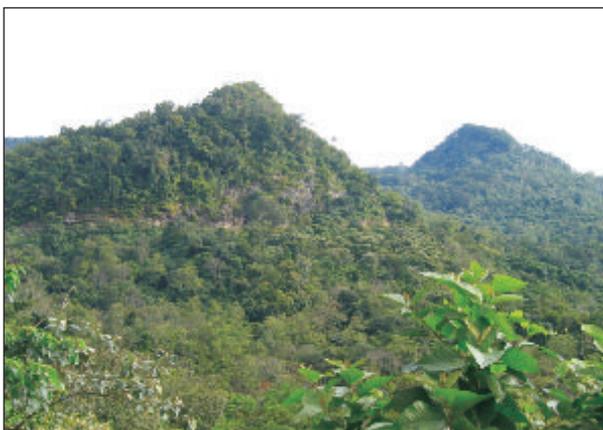
Geologi antara lokasi 06BH35 dan 06BH56 didominasi oleh batuan sedimen Tersier berupa batupasir kuarsa dengan perselingan batubara (Formasi Sihapas) (Clarke dkk., 1982a,b), selebihnya adalah batuan malihan dan batuan gunung api. Batuan malihan Formasi Kuantan dengan sisipan tuf meta berkomposisi riolit tersingkap baik pada lokasi 06BH47 dan 06BH48. Batuan andesit dengan struktur kekar tiang terdapat pada lokasi 06BH42 (Gambar 4) yang diinterpretasikan setara dengan Batuan Gunung Api tak teruraikan (Qtv) (Clarke dkk, 1982 a, b). Batuan gunung api berwarna merah terdapat pada lokasi 06BH56 - 06BH59, berkomposisi andesit-dasit, dan berkontak sesar dengan metasedimen.



Gambar 2a. Peta Geologi daerah Pangkalan Kota Baru dikompilasi dari Silitonga dan kastowo (1995) dan Clarke dkk. (1982a). Keterangan peta pada Gambar 2b.



Gambar 2b. Korelasi satuan peta Geologi daerah Pangkajene Kota Baru.



Gambar 3. Bentuk kerucut pusat erupsi di daerah Kota Alam.



Gambar 4. Lava andesit basalan dengan struktur meniang (*columnar joint*), lokasi 05BH42).

MAGMATISME

Magmatisme Neogen daerah Pangkalan Kotabaru ditandai dengan kehadiran batuan gunung api di daerah Ulu Air dan Pintu Angin sampai Kota Alam (lokasi 06BH16 sampai 06BH38). Di sini kerucut gunung api (*volcanic neck*) terdapat di beberapa tempat, seperti pada 06BH20 dan 06BH30 (Gambar 3). Batuan gunung api ini terdiri atas lava, aglomerat dan breksi, setempat terdapat urat kuarsa dengan *comb structures* dan pirit. Komposisi batuan gunung api ini pada umumnya andesit sampai dasit. Lava pada umumnya berwarna abu tua sampai abu-abu gelap bertekstur porfiritik dengan fenokris plagioklas dan piroksen dan kadang-kadang horeblenda dalam massa dasar gelas dan mikrolit plagioklas. Aglomerat menempati bagian tubuh hipabisal terdiri atas komponen dasit berukuran 6-15 cm. Dasit tersebut bertekstur porfiritik dengan fenokris plagioklas. Breksi gunung api pada umumnya berfragmen andesit-dasit tertanam dalam massa dasar batuan gunung api halus, fragmen berukuran rata-rata 3-15 cm, kadang-kadang mencapai 25 cm. Breksi ini terjadi di beberapa tempat, di antaranya tersingkap tepat pada tugu equator di Kota Alam. Batuan gunung api Kuartar di daerah ini berupa lava andesit setara dengan Batuan gunung api tak teruraikan (Qtv) (Clarke dkk., 1982a,b). Singkapan lava andesit dengan struktur meniang (*columnar joint*) tersingkap baik pada lokasi 06BH42 (Gambar 4). Lava ini berwarna hitam sebagian *amygdales* dan sebagian masif, bertekstur porfiritik dengan fenokris plagioklas dan piroksen, padat, segar, vesikular, dan berongga.

Secara petrografis, batuan gunung api Neogen dan Kuartar mempunyai tekstur porfiritik (Gambar 5a dan b) dengan struktur aliran pada beberapa percontoh (Gambar 5c). Fenokris berupa plagioklas, piroksen, sedikit horeblenda, opak dengan massa dasar sama seperti fenokris ditambah gelas. Plagioklas pada umumnya dari jenis andesin (An 48) berukuran 0,05-2,5mm berbentuk subhedral, kembar albit, albit-karlsbad, *zoning* sedang sampai kuat, sebagian telah berubah menjadi serisit dan karbonat. Piroksen berbentuk *anhedral-euhedral*, berukuran 0,05-2,0 mm, kembar jamak, beberapa membentuk tekstur glomeroporfiritik, terdiri atas orto-piroksen dan klino-piroksen, sebagian berubah menjadi klorit. Horeblenda berbentuk *anhedral-subhedral*, berukuran 0,1-0,4mm, berubah menjadi klorit dan karbonat. Mineral opak berukuran 0,07mm, berbentuk *anhedral-subhedral*, sebagian mengisi retakan. Oksida besi berasosiasi dengan mineral opak, sebagian besar mengisi retakan dalam mineral.

Hasil analisis unsur utama batuan gunung api dari Pangkalan Kotabaru ditunjukkan pada Tabel 1. Plot pada diagram TAS (Le Bas dkk., 1986), yaitu total alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) terhadap silika (SiO_2) (Gambar 6a) menunjukkan bahwa batuan ini sangat bervariasi dari basaltik traki andesit, basaltik andesit, hingga dasit. Selanjutnya dalam diagram SiO_2 terhadap K_2O (Gambar 6b), sebagian besar lava Neogen ini diklasifikasikan sebagai seri kalk-alkalin K-tinggi, sedikit seri kalk-alkalin dan seri toleit. Perajahan pada diagram AFM ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - \text{total FeO} - \text{MgO}$) (Gambar 6c) pada seluruh percontoh batuan menunjukkan pola toleit, terkonsentrasi di sekitar batas pemisah seri kalk-alkalin dan toleit. Demikian juga pada diagram $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}$ terhadap SiO_2 (Gambar 6d) percontoh batuan menempati lapangan kalk-alkalin dan toleit. Pola geokimia lava berumur Neogen dan Kuartar di daerah ini dicirikan oleh alumina (Al_2O_3) tinggi, bervariasi dari 15,50 - 18% berat, kandungan MgO rendah (2-5% berat), kandungan alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) kurang dari 8% berat dan kandungan TiO_2 kurang dari 1% berat. Ciri geokimia tersebut di atas merupakan karakteristik magma yang berkaitan dengan penunjaman pada pinggir benua aktif (Wilson, 1989). Seperti halnya pada batu-batuan yang berkaitan dengan penunjaman, batuan andesit mempunyai ciri magma yang terevolusi, dengan kandungan MgO rendah dan nilai Mg\# ($\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}_{\text{tot}})$) maksimum sebesar 40 (Wilson, 1989).

Hasil analisis unsur jejak (Tabel 1) digambarkan pada *spider diagram* (Gambar 7a). Dalam diagram ini nilai unsur jejak dibagi dengan nilai kondrit (*chondrites*) yang merupakan material primitif. Diagram tersebut menunjukkan bahwa lava dicirikan oleh berlimpahnya unsur litofil ber-ion besar (*large ion lithophile elements*: Rb, Ba, K, and Sr) dan pemiskinan unsur kuat/berat (*high field strength elements*: Nb, Zr and Ti) dan unsur yang lebih kompatibel (Y, Yb). Apabila lava tadi dibandingkan dengan andesit yang berasal dari magma kalk-alkali yang berkaitan dengan penunjaman (Hartono, 1995), maka andesit dari Pangkalan Kotabaru memiliki Nd, La, and Rb yang tinggi, dan kandungan Ba and Sr yang rendah. Kadar Ni sangat rendah, yaitu maksimum 14 ppm. Kandungan Rb-nya maksimum 60 ppm setara dengan andesit busur kepulauan dari Gunung Api Lawu (11-70 ppm, Hartono, 1995). Adapun kandungan unsur-unsur Ba dan Sr yaitu masing-masing sebesar 183-192 ppm dan 255-318 ppm, lebih rendah dari andesit Kuartar dari Gunung

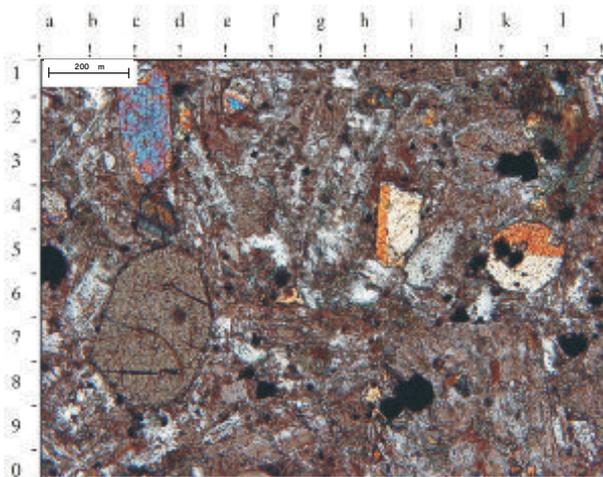
Api Lawu, yaitu Ba: 340-700ppm dan Sr: 370-565 (Hartono, 1995). Pola *spider diagram*-nya menyerupai batuan kalk-alkali, muncul tonjolan pada unsur-unsur Ba sampai Sr dan Rb sampai Th dan tukikan pada unsur Nb. Tukikan ini menandakan kehadiran residu Nb pada batuan sumber selama proses peleburan magma (Wilson, 1989) atau akibat kontaminasi kerak (Cox and Hawkesworth, 1985). Wilson (1989) lebih lanjut melaporkan bahwa magma yang derupsikan dari lingkungan tektonik yang berkaitan dengan penunjaman memperlihatkan pemiskinan Nb pada *spider diagram*, dan biasanya kandungan Nb lebih rendah dari 10 ppm. Seperti yang dilaporkan oleh Cameron dkk., (1980) bahwa magma seri kalk-alkalin mempunyai penyebaran yang luas di kawasan Pulau Sumatera selama Oligosen-Miosen. Dengan demikian, sangat mungkin bahwa petrogenesis magma yang sumber magmanya

pada lapisan mantel telah termodifikasi oleh proses penunjaman.

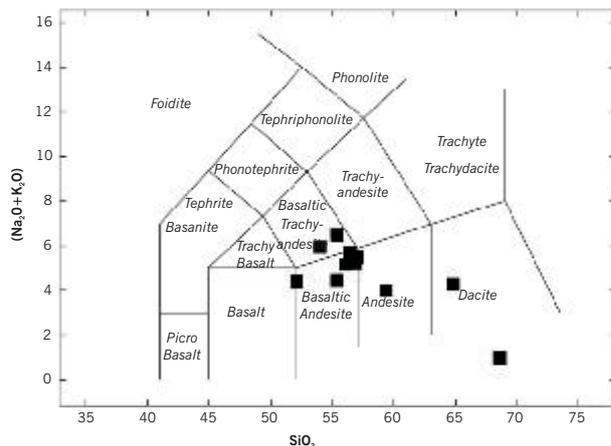
Analisis unsur jarang lava di daerah ini juga diplot pada *spider diagram* (Gambar 7b), nilai sejumlah unsur jarang dibagi dengan nilai pada kondrit. Secara umum, kurva pada diagram memperlihatkan pola kemiringan dari unsur ringan ke unsur berat (kiri ke kanan). Lebih lanjut, di sini tergambar bahwa peninggian unsur ringan dengan anomali negatif pada unsur Eu. Anomali negatif pada unsur Eu ini menandakan kristalisasi plagioklas secara fraksional. Yang cukup mencolok adalah peninggian kandungan unsur-unsur La, Ce, Pr, Nd, dan Sm, dan bentuk kurva yang hampir mendatar pada unsur-unsur berat, yaitu dari Tb ke Yb. Kedua percontoh batuan yang mewakili, memperlihatkan kurva yang hampir sejajar yang menandakan bahwa mereka berasal dari satu sumber magma.

Tabel 1. Analisis Kimia Unsur Utama dan Minor Batuan Magma (*magmatic rocks*) dari Daerah Pangkalan Kota Baru.

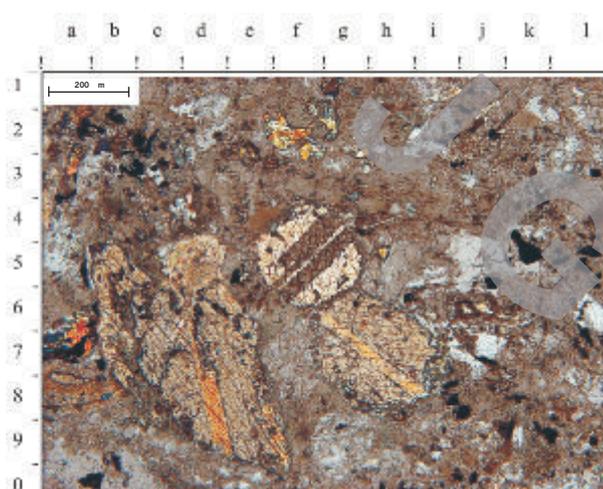
	06BH20B	06BH36A	06BH27A	06BH25B	06BH41B	06BH33A	06BH37A	06BH39B	06BH39B	06BH30C	06BH23B
SiO ₂	52,15	54,03	55,32	55,42	56,12	56,90	57,07	57,62	59,34	64,78	68,57
TiO ₂	0,67	0,57	0,54	0,58	0,58	0,48	0,69	0,61	0,59	0,39	0,37
Al ₂ O ₃	16,73	16,73	18,04	16,65	17,05	16,28	18,07	17,25	15,24	15,50	15,88
Fe ₂ O ₃	8,96	7,10	6,73	7,55	8,17	6,37	8,08	8,31	7,65	3,94	3,48
MnO	0,17	0,13	0,14	0,15	0,18	0,20	0,16	0,21	0,16	0,10	0,09
CaO	9,78	6,60	4,74	6,19	6,19	5,25	6,30	5,81	6,08	4,02	5,26
MgO	5,42	4,14	3,53	1,84	3,20	1,52	1,98	3,04	3,64	1,22	1,14
Na ₂ O	2,73	3,05	4,01	2,18	3,08	3,25	3,04	2,93	2,46	2,49	0,90
K ₂ O	1,65	2,88	2,48	2,30	2,08	1,96	2,42	3,05	1,52	1,81	0,08
P ₂ O ₅	0,2	0,22	0,11	0,17	0,29	0,26	0,36	0,21	0,26	0,11	2,08
LOI	1,65	4,40	4,24	6,94	3,37	7,26	1,42	0,90	2,99	5,55	2,08
Total	100,1	99,84	99,88	99,96	100,31	99,72	99,59	99,93	99,99	99,89	99,93
Rb									46,90	59,95	
Ba									191,75	183,30	
Sr									318,00	254,60	
La									26,36	21,53	
Ce									57,98	22,13	
Pr									6,68	3,92	
Nd									25,28	12,80	
Sm									5,04	2,24	
Eu									0,80	0,39	
Gd									4,04	1,87	
Dy									3,76	1,73	
Er									1,78	1,03	
Yb									1,36	1,11	
Y									19,14	10,54	
Zr									19,07	37,92	
Nb									5,99	5,38	
Sc									12,03	3,74	
V									133,80	299,30	
Ni									6	14,5	
Tb									0,63	0,28	
Pb											
Th									6,38	15,81	
U									1,11	3,19	
Ho										0,36	



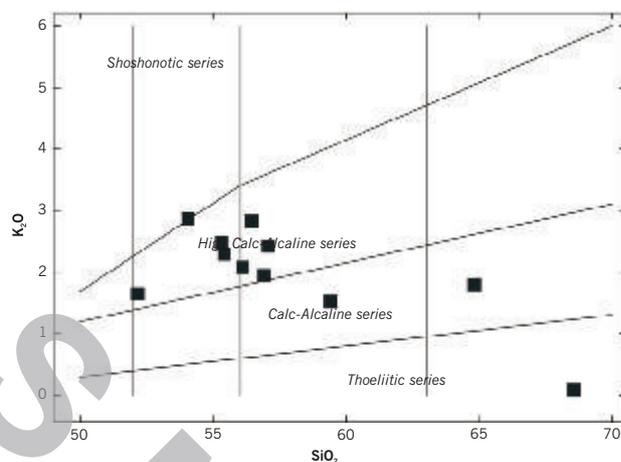
Gambar 5a. Andesit basaltik terdiri atas fenokris plagioklas (An 48) dan klinopiroksen (c2, c7, h4, k6) dalam massa dasar sama dengan fenokris ditambah mineral opak. Nikol bersilang, perbesaran 40x. Percontoh: 06 BH 41D.



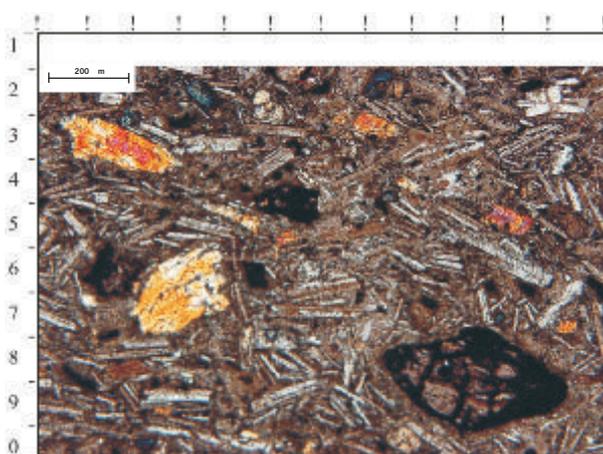
Gambar 6a. Diagram TAS atau total alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ terhadap silika (SiO_2) (Le Bas dkk., 1986) batuan hasil aktivitas magma Neogen dari Pangkalan Kota Baru yang menunjukkan penamaan batuan (nomenklatur) batuan gunung api.



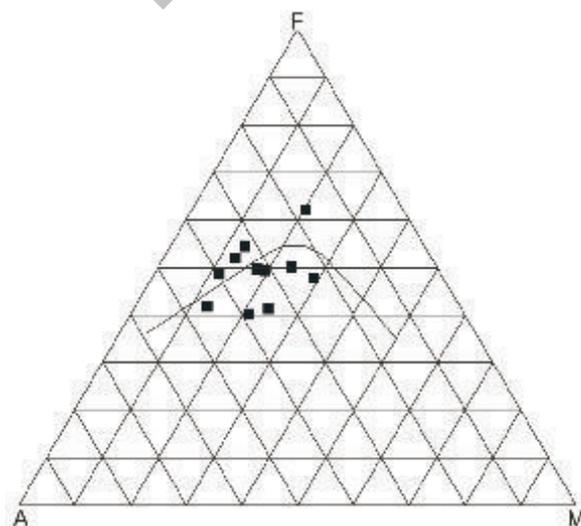
Gambar 5b. Traki andesit basaltik terdiri atas klinopiroksen (d7, f5, g7) dan epidot (f2, f3). Nikol bersilang, perbesaran 40x. Percontoh: 06 BH 36B.



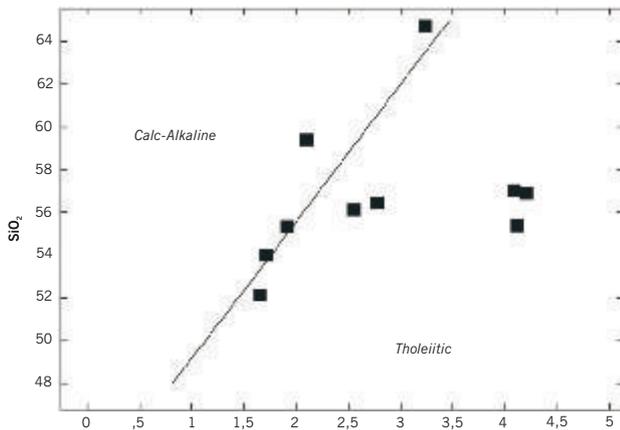
Gambar 6b. Diagram SiO_2 terhadap K_2O (Peccerillo and Taylor, 1976) batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kota Baru. Batuan dengan $\text{SiO}_2 > 70\%$ berat tidak termasuk kedalam klasifikasi ini.



Gambar 5c. Andesit basaltik terdiri atas piroksen (b3, d6) dan plagioklas. Nikol bersilang, perbesaran 40x. Percontoh: 06 BH 20D.



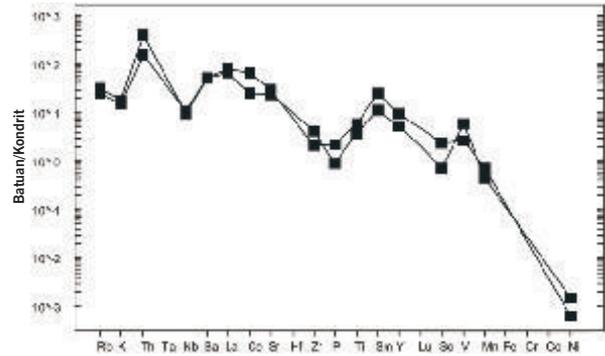
Gambar 6c. Diagram AFM ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{FeO} - \text{MgO}$) (Irvine and Baragar, 1971) batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kota Baru.



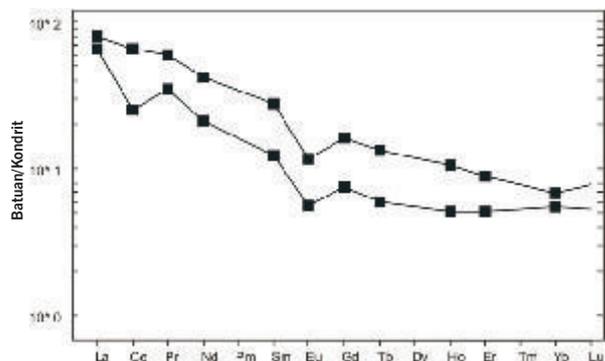
Gambar 6d. Diagram SiO₂ terhadap FeOtot/MgO (Miyashiro, 1974) batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kota Baru. Batuan dengan SiO₂ > 65% berat tidak termasuk ke dalam klasifikasi ini.

DISKUSI

Kegiatan gunung api berumur Eosen sampai Oligosen Awal sebagaimana terdapat di Sumatera bagian utara (Cameron dkk., 1980) tidak ditemukan di daerah Pangkalan Kotabaru. Kegiatan gunung api terjadi pada kala Miosen Tengah - Akhir yang merupakan masa pengangkatan dan sesar bongkah (*block faulting*) (Posavec dkk., 1973). Kegiatan gunung api muncul secara ekstensif yang disertai oleh aktifitas gunung api, menerus sampai kala Miosen Akhir dan kemungkinan sampai pada kala Pliosen. Salah satu di antaranya yang berumur Pliosen adalah Kaldera Maninjau (Harahap dan Abidin, 2006). Batuan Gunung Api Kota Alam dan batuan gunung api minor lainnya yang banyak tersebar di daerah Pangkalan Kotabaru diduga terbentuk pada kala Miosen-Pliosen (Clarke dkk., 1982a,b). Batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kotabaru yang berada pada tepian benua pada umumnya terdiri atas seri magma kalk-alkalin K tinggi, yang tentunya berbeda dengan magma pada busur kepulauan yang didominasi oleh seri magma K rendah. Adapun ciri magma yang mempunyai kandungan K tinggi mencerminkan adanya penambahan kontaminasi kerak (Wilson, 1989). Ciri khas unsur utama dan minor memperlihatkan bahwa batuan tersebut terbentuk pada lingkungan penunjaman. Batuan tersebut sebagian besar berafinitas K-tinggi, kandungan TiO₂ dan MgO yang rendah, dan rendah kandungan Nb relatif terhadap K dan La (Wilson, 1989). Tujuan utama penyampaian makalah ini adalah mendiskusikan sifat petrologis daerah Pangkalan Kotabaru yang pertama kali dilaporkan atau dipublikasikan geokimianya. Oleh



Gambar 7a. Spider diagram batuan gunung api (Neogen daerah Pangkalan Kota Baru (06BH38C dan 38A). Percontoh-percontoh ini dibagi (*normalized*) terhadap kondrit (Sun and McDonough., 1989).



Gambar 7b. Diagram unsur tanah langka batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kota Baru (06BH30C dan 38A). Percontoh batuan ini dibagi terhadap kondrit (Sun and Mc Donough, 1989).

karena itu gambar-gambar yang ditunjukkan pada Gambar 6a,b dan 7a,b merupakan gambaran utama kesimpulan makalah ini. Berdasarkan data tersebut, sifat magma pada daerah penunjaman yang berkaitan dengan pinggir benua dapat dibandingkan. Di Jawa, yang arah penunjamannya hampir tegak lurus terhadap pulau Jawa, hasil aktivitas gunung api berkembang ekstensif dan umumnya bersifat kalk-alkali normal, sedangkan di Sumatera lajur batuan gunung apinya relatif sempit dan tidak berkembang ekstensif, dan magmanya bersifat kalk-alkalin dengan kandungan K (potassium) tinggi.

Batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kotabaru sebagian besar termasuk ber-K tinggi dan jarang ber-K rendah. Mereka mempunyai kandungan unsur inkompatibel yang tinggi dan beberapa sifat geokimia bertipe kalk-alkalin busur kepulauan, seperti rendah Ni, V/Ni > 10, tinggi Al₂O₃%, rendah TiO₂, dan pola unsur jejak dengan fraksionasi unsur jarang ringan (*light rare earth element*), dan hampir mendatar pola unsur jarang berat (*heavy rare earth element*).

Sifat tersebut menunjukkan bahwa batuan gunung api Miosen Atas dari Pangkalan Kotabaru memiliki kesamaan proses pembentukan asalnya dengan batuan kalk-alkalin busur kepulauan (Taylor, 1968; Jakes dan White, 1972). Sebagaimana yang disinggung sebelumnya bahwa kandungan Ba dan Sr batuan gunung api Pangkalan Kotabaru jauh lebih tinggi dari kebanyakan batuan gunung api Pulau Jawa. Sifat yang kaya unsur Ba, Sr, dan Th menandakan keterlibatan batuan sedimen dalam pembentukannya (Kay, 1980).

Sifat umum batuan gunung api Neogen dari Pangkalan Kotabaru adalah pengayaan unsur litofil ion ringan (*light ionic lithophil element*) yang menandakan bahwa batuan tersebut berasal dari mantel hasil pengayaan (*enriched mantle source*) (Bailey, 1983). Menurut Wilson (1989) pada sebagian basal pemekaran dan lava yang lebih terevolusi selalu berkaitan dengan proses kristalisasi fraksional (*fractional crystallization*). Akan tetapi petrogenesisnya telah melibatkan kontaminasi batuan kerak dan proses kristalisasi fraksional dan asimilasi (*assimilation and fractional crystallization, AFC*).

Pola *spider diagram* batuan gunung api dari daerah ini (Gambar 7a) menunjukkan kesamaan pola dengan batuan busur kepulauan, yaitu pola tonjolan (*spike pattern*) dengan puncak tonjolannya pada Rb, K, Th, Sr, Ba, La, Ce dan lekukan yang cukup tajam pada unsur Nb. Pola seperti ini pada umumnya merupakan ciri khas magma yang berkaitan dengan subdaksi, suatu bukti keterlibatan *fluid* zona penunjaman (*subduction-zone fluids*) yang kaya dengan Rb, K, Th, Sr, Ba, La, dan Ce dalam magma asalnya. Kandungan unsur Th di daerah ini sangat kaya, tetapi kandungan unsur Ba sangat rendah dibandingkan dengan daerah tepian benua lainnya seperti Andean (Wilson, 1989). Untuk itu masih diperlukan studi lanjut.

Berdasarkan model tektonik lempeng daerah Pangkalan Kotabaru (Hamilton 1979), diinterpretasikan bahwa batuan gunung api Neogen di daerah ini berkaitan dengan proses lajur penunjaman Lempeng Samudra India-Australia di bawah Pulau Sumatera.

KESIMPULAN

Produk utama magmatisme periode Neogen di daerah Pangkalan Kotabaru terdiri atas lava andesit dan dasit, bertekstur porfiritik dengan fenokris plagioklas, piroksen dan jarang horenbenda tertanam dalam massa dasar mikrolit yang sejenis dengan fenokris ditambah gelas. Hasil analisis

geokimia menunjukkan bahwa batuan tersebut sangat bervariasi, yaitu andesit traki basalan, andesit basalan, dan dasit. Sebagian besar batuan gunung api tersebut diklasifikasikan sebagai kalk-alkali K-tinggi dan jarang medium kalk-alkali dan toleit. Pada umumnya pola geokimia batuan gunung api berumur Neogen di daerah ini dicirikan oleh alumina tinggi, bervariasi dari 15,50-18 % berat, kandungan MgO rendah (2-5 % berat), kandungan alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) kurang dari 8 % berat dan $\text{TiO}_2 < 1$ % berat.

Percontoh batuan ini mempunyai komposisi unsur jejak menyerupai batuan andesit yang khas pada busur kepulauan tetapi mengandung unsur Th yang tinggi. Pola *spider diagram*-nya menyerupai batuan kalk-alkali. Muncul tinggian/tonjolan pada unsur-unsur Ba sampai Sr dan Rb sampai Th, dan turunan/tukikan pada unsur Nb. Pola *spider diagram* unsur jarangnya juga menyerupai andesit busur gunung api dengan unsur langka ringan yang terfraksionasi dan tidak terfraksionasinya unsur langka berat. Lava dari Pangkalan Kotabaru yang posisinya di tepi kontinen memiliki kandungan Ba, Sr, dan La yang rendah dibandingkan dengan Andes. Unsur Rb, K, Ce, dan Nd adalah tinggi dibandingkan terhadap busur pulau Jawa, misalnya Gunung Api Lawu. Batuan gunung api Pangkalan Kotabaru memiliki sifat magma yang terevolusi kuat dengan Mg# maksimum 40. Ciri geokimia tersebut di atas merupakan karakteristik magma yang berkaitan dengan penunjaman pada pinggir benua aktif. Batuan gunung api dari daerah Pangkalan Kotabaru merupakan hasil gunung api yang tersebar di daerah ini dan diinterpretasikan berkaitan langsung dengan proses penunjaman. Lempeng Samudra India-Australia menunjam secara miring di bawah pulau Sumatera ini sejak Eosen. Adanya anggapan bahwa batuan gunung api daerah Pangkalan Kotabaru merupakan busur belakang gunung api atau berkaitan dengan basal toleit, tidak didukung oleh data petrologi yang dibahas pada makalah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan berjalan mulus kalau tidak ada bantuan dari Pemda setempat, terutama kemudahan administrasi. Untuk itu penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Bupati Kabupaten Limapuluh Kota di Tanjung Pati/Payakumbuh. Ucapan terima kasih disampaikan kepada anggota tim geologi dan petrologi Klaster Zone Bukit Barisan dan Lajur Timah Bangka Belitung (Drs. Wawa Kartawa, Ir. Yan Elhami, dan Iyep Supriatna) yang memberikan bantuan penuh dalam proses penyusunan makalah ini.

ACUAN

- Bailey, D.K., 1983. The chemical and thermal evolution of rift. *Tectonophysics* 94 : 385 - 397.
- Cameron, N.R., Clarke, M.C.G., Aldis, D.T., Aspden, J.A. and Djunuddin, A., 1980. The geology evolution of Northern Sumatera. *Proceeding 9th Ann. Conv. IPA*. Jakarta: 149-187.
- Clarke, M.C.G., Kartawa, W., Djunuddin, A., Suganda, E. dan Bagdja, M., 1982 a. *Peta geologi lembar Pakanbaru, Sumatera, skala 1: 250 000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Clarke, M.C.G., Kartawa, W., Djunuddin, A., Suganda, E. dan Bagdja, M., 1982 b. *Geologi lembar Pakanbaru, Sumatera, skala 1: 250 000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Cox, K.G. and Hawkesworth, C.J., 1985. Geochemical stratigraphy of the Deccan Traps, at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implications for open system magmatic process. *J. Petrol.* 26:355-77.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian region*; US. Geol. Survey Proff. Paper 1078
- Harahap, B.H., and Abidin, Z.A., 2006. Petrology of lava from Maninjau Lake, West Sumatera. *Journal of Geological Resources* XVI (6):359-370.
- Harahap, B.H., 2006. Petrology of the Upper Miocene Volcanics on the Western Barisan Mountain Ranges Lubuk Sikaping Region West Sumatera. *Bulletin Geologi*, 38, 3:81-108. Department of Geology, Institut Teknologi Bandung.
- Hartono, U., 1995. The major, trace, rare earth element geochemistry of the Lawu Volcano, Central Jawa. *Journal of geology and mineral resources* 50: 12-29.
- Irvine, T. N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common rocks. *Can. J. Earth Sci.* 8: 523-48.
- Jakes, P. and White, A.J.R., 1972. Major and Trace Element Abundance in Volcanic Rocks of Orogenic Areas. *Geological Society of America Bulletin* 83:29-40.
- Kay, R.W., 1980. Volcanic arc magmas: implication of a melting-mixing model for element recycling in the crust-upper mantle system. *J. Geol.* 88: 497-522.
- Le Bas, M.G., Le Maitre, R.W., Strckisen, A. and Zanettin, B., 1986. Chemical classification of volcanic rocks based on total alkali silica diagram. *J. Petrol.* 27(3): 745-750.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, 274: 321-355
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* 58: 63-81.
- Posavec, M., Taylor, D., Leeuwen, T. van and Spector, A., 1973. Tectonic controls of volcanism and complex movements along the Sumatera Fault System. *Geol. Soc. Malaysia Bull.* 6: 43-60.
- Silitonga, P.H. dan Kastowo, 1995. *Peta geologi lembar Solok, Sumatera Barat, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (eds) *Magmatism in the Ocean Basin*. Geological Society, London, *Special Publications* 42: 313-345.
- Taylor, S.R., 1968. Geochemistry of Andesites. In: *Origin and Distribution of the Elements*, Ahrens, L. H. Ed, 559-583, Pergamon Press. Oxford.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis a global tectonic approach*. Harper Collins Academic.

Naskah diterima	: 15 Maret 2006
Revisi terakhir	: 20 Juli 2007