

## INDIKASI BATUAN ADAKITIK DI PACITAN, JAWA TIMUR

Oleh

Baharuddin dan Sam Permadewi

Pusat Survei Geologi

## Abstrak

Batuan gunung api / terobosan di daerah Pacitan, tersingkap sebagai lava, retas dan stok berkomposisi andesit - basal sampai riolit. Berdasarkan analisis petrologi dan geokimia, batuan gunung api ini mempunyai kandungan  $\text{SiO}_2$  berkisar antara 55,79 – 72,19%;  $\text{TiO}_2$  0,07 - 0,54%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15,43 – 19,46%;  $\text{MgO}$  1,38 – 5,09%. Sedangkan kandungan unsur jejak yaitu terutama Sr 78,25 – 845 ppm; Y 36,31 – 11,15 ppm; Yb 1,05 – 2,58 ppm dan Sr/Y 4,41 – 41,40 ppm. Dalam diagram diskriminan  $\text{SiO}_2$  terhadap  $\text{K}_2\text{O}$  batuan gunung api / terobosan Pacitan umumnya termasuk kedalam seri toleit K - rendah. Pada diagram laba-laba unsur jarang menunjukkan afinitas magma busur kepulauan kecuali satu contoh yang berasosiasi dengan OIB. Hampir seluruh contoh batuan gunung api Pacitan memperlihatkan kemiripan dengan batuan adakitik yaitu mempunyai kandungan Sr yang tinggi dan Y, Yb rendah.

Kata kunci: petrologi, geokimia, batuan adakitik, Pacitan

## Abstract

*Volcanic and intrusive rocks from Pacitan area cropping out as lavas, dykes and stockworks, consist of basaltic - andesite to rhyolite in composition. Based on petrologic and geochemical analyses, the volcanic rocks consist of  $\text{SiO}_2$  55.79 – 72.19%,  $\text{TiO}_2$  0.07- 0.54%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15.43 – 19.46%,  $\text{MgO}$  1.38 – 5.09. While trace element contents, especially Sr 78.25 – 845 ppm, Y 36.31 – 11.15 ppm, Yb 1.05 – 2.58 ppm dan Sr/Y 4.41 – 41.40 ppm. Discriminant diagram of  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{K}_2\text{O}$  Pacitan volcanic rocks are including the rocks into tholeiitic low – K series. Therefore in trace element spider diagrams show that the rocks are an island arc affinity except one sample relating with OIB. Several samples of Pacitan volcanics are adakitik like which have high Sr and low Y, Yb content.*

*Key words: petrology, geochemistry, adakitik rocks, Pacitan*

## Pendahuluan

Daerah penelitian dibatasi oleh kordinat 111°03'00" - 111°25'00" BT dan 08°05'00" - 08°16'00" LS. Secara administratif daerah penelitian termasuk ke dalam Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur (Gambar 1).

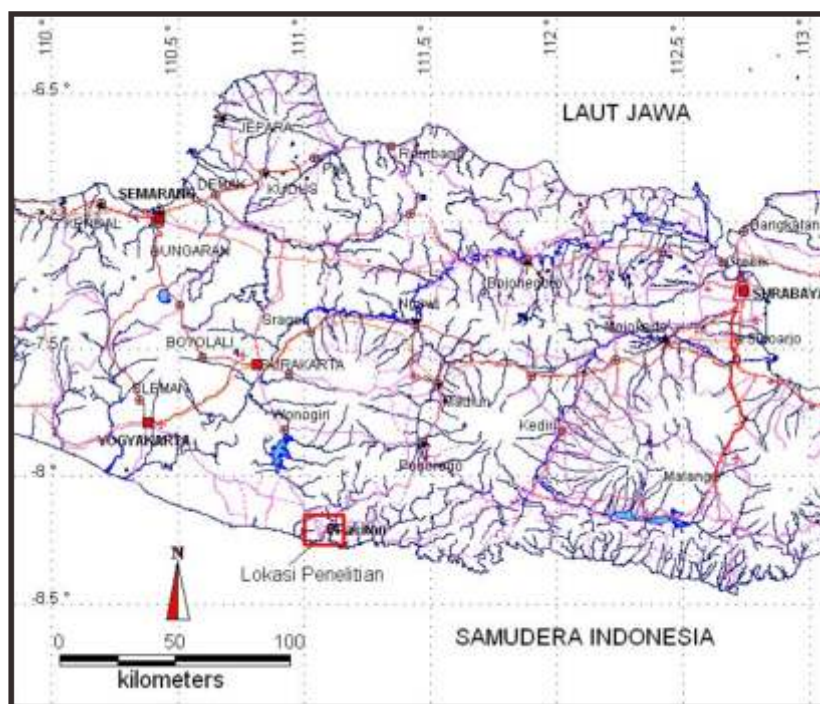
Fisiografi daerah Pacitan dan sekitarnya termasuk kedalam Lajur Pegunungan Selatan Pulau Jawa yang merupakan bagian dari busur gunung api Tersier. Daerah ini umumnya ditempati oleh batuan sedimen dan batuan gunung api Tersier yang setempat menunjukkan adanya gejala mineralisasi. Fenomena geologi di daerah Pacitan dan sekitarnya menarik untuk diteliti, karena banyak dijumpai batuan gunung api / terobosan yang memiliki karakteristik petrologi dan geokimia yang berbeda satu sama lain. Enam contoh batuan dianalisis secara petrografi dan geokimia memakai metoda XRF

untuk unsur oksida utama dan metoda ICP-MS untuk unsur jarang dan tanah langka.

## Geologi Regional

Beberapa peneliti terdahulu telah mengkaji fenomena geologi daerah Pacitan dan sekitarnya antara lain: Bemmelen (1949), Sartono (1964), Samodra dr. (1992), Soeria-Atmadja dr. (1994), Sutanto (2003) dan Smyth dr. (2008).

Secara fisiografis, Bemmelen (1949) memasukkan daerah penelitian ke dalam Lajur Pegunungan Selatan. Geologi Pegunungan Selatan didominasi oleh batuan hasil kegiatan magmatisme tertua ditandai dengan munculnya lava andesite, yang sering disebut sebagai "Old Andesite Formation". Smyth dr. (2008) menyebutkan adanya kegiatan magmatisme di Lajur Pegunungan Selatan yang dimulai pada Kala Eosen Tengah ( $\pm 45$  jt) dan berakhir pada Kala Miosen Awal ( $\pm 20$  jt). Pada Lajur ini juga disebutkan adanya batuan dasar kerak



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di daerah Pacitan, Jawa Timur

benua mikro berumur Paleozoik (Archean - Cambrian) yang merupakan bagian dari Benua Australia. Komposisi batuan yang bersifat menengah – asam ditafsirkan sebagai hasil interaksi antara magma basa dengan kerak. Lava tidak dijumpai di formasi batuan muda, tetapi kegiatan vulkanisme dicirikan oleh material vulkanik di formasi batuan berumur Miosen. Samodra dr. (1992) melaporkan adanya tuf dan breksi vulkanik di Formasi Semilir, Jaten, Wuni, Nampal dan Oyo berumur Miosen Tengah.

Soeria-Atmadja dr. (1994) menyatakan bahwa aliran lava bantal yang tersingkap di daerah Pacitan sebagai bukti adanya kegiatan magmatisme awal. Data geokimia menunjukkan bahwa aliran lava bantal ini termasuk ke dalam tipe toleit busur kepulauan yang dicirikan oleh rendahnya kandungan Nb dan kecenderungan REE yang datar. Data hasil penelitian Sutanto (2003) di daerah Pacitan menyatakan bahwa batuan gunung api Pacitan bersifat toleitik busur kepulauan yang dicirikan oleh kadar potassium rendah dan anomali negatif pada unsur Nb. Selanjutnya Sutanto (2003) melaporkan adanya batuan adakitik di batuan gunung api Pacitan. Tingginya kandungan unsur Sr dan unsur tanah langka berat (Dy, Er dan Yb) ditafsirkan sebagai indikasi adanya batuan adakit yang dipakai sebagai

data pembandingan dalam makalah ini.

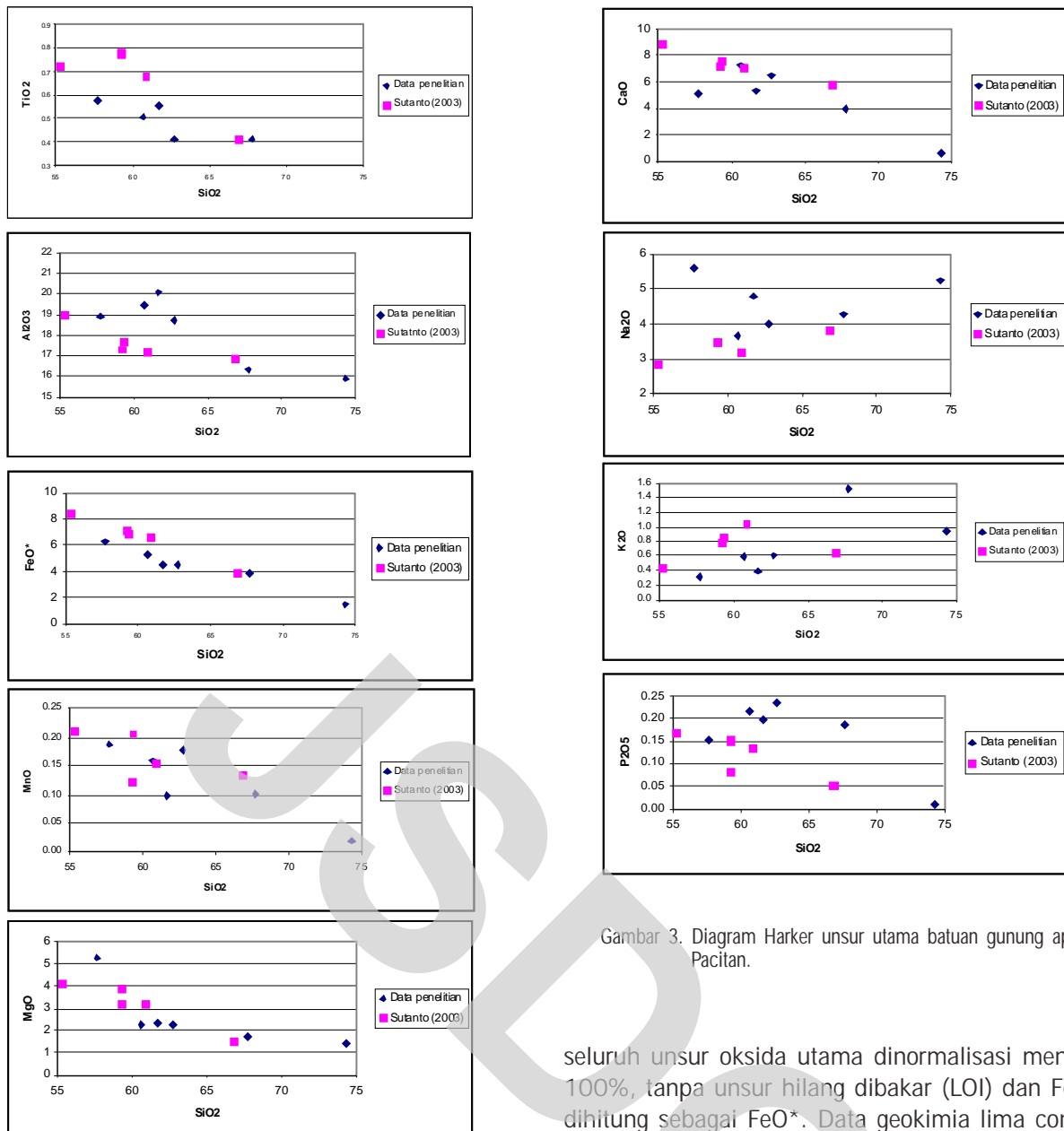
Hampir seluruh formasi batuan tersebut diterobos oleh batuan terobosan berumur Eosen hingga Miosen Akhir (Sutanto, 2003).

#### Hasil Penelitian

##### *Petrologi*

Batuan gunung api di daerah penelitian umumnya tersingkap sebagai sumbat, retas dan lava bantal. Secara petrografis, batuan ini terdiri atas andesit - basalt hingga riolit.

Basalt berwarna kelabu kehitaman, pejal memperlihatkan struktur aliran, fenokris plagioklas berzonasi, piroksin berubah kuat menjadi klorit, masa dasar plagioklas berbentuk jarum dan plat, setempat berubah, gelas isotropik terkloritkan dan lapuk. Andesit piroksin berwarna kelabu kehijauan, pejal, hipokristalin, porfiritik, afanitik. Fenokris plagioklas, subhedral setempat telah berubah menjadi mineral lempung, piroksin orto dan klorit berubah menjadi klorit dan oksida besi, masa dasar berupa mikrolit felspar dan gelas isotropik. Riolit kelabu terang kecoklatan, pejal, hipokristalin, mikro porfiritik, afanitik. Fenokris kuarsa subhedral dengan struktur embayment, felspar berjenis ortoklas, subhedral, plagioklas memperlihatkan kembar karsbald – albit,



Gambar 3. Diagram Harker unsur utama batuan gunung api Pacitan.

hornblenda berubah kuat menjadi klorit dan tremolit - aktinolit serta oksida besi.

### Geokimia

Metoda analisis XRF dipakai untuk penentuan kandungan unsur utama dalam persen (%) berat, sedangkan penentuan kandungan unsur jejak dan tanah langka dalam satuan ppm berat memakai metoda ICP-MS. Hasil analisis unsur oksida utama mengandung hilang dibakar (LOI) berkisar antara 1.5% - 2.5%, hal ini menunjukkan bahwa sebagian contoh batuan telah sedikit berubah. Untuk penggambaran ke dalam diagram diskriminan,

seluruh unsur oksida utama dinormalisasi menjadi 100%, tanpa unsur hilang dibakar (LOI) dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dihitung sebagai  $\text{FeO}^*$ . Data geokimia lima contoh batuan hasil penelitian Sutanto (2003) di daerah Pacitan dipakai sebagai data pembandingan.

Hasil analisis unsur utama (Tabel 1 dan Gambar 3) memperlihatkan kandungan  $\text{SiO}_2$  berkisar antara 56 – 72%,  $\text{TiO}_2$  rendah (0,07 – 0,55%) serta kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tinggi (15,43 – 19,47%)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,58 – 6,69%) dan  $\text{MgO}$  (1,38 – 5,09%) yang menunjukkan ciri batuan gunung api orogen busur kepulauan Wilson (1989). Hasil analisis unsur jejak dan tanah langka (Tabel 1) menunjukkan adanya kandungan Sr yang cukup tinggi yaitu antara 128 – 249 ppm, bahkan contoh 05JK01 memiliki kandungan Sr sampai 845 ppm, Y (11,15 – 36,31 ppm), Yb (1,05 – 2,58 ppm). Demikian pula data hasil penelitian Sutanto (2003) mempunyai

Tabel 1: Hasil analisis geokimia batuan Gunung Api Pacitan, Jawa Timur

No.Sampel	05JK 58	05JK 57	05JK 52 A	05JK 45	05JK01	05JK47	PC 1	PC 3	PC 7	PC 14	PC 34
Unsur utama (% berat)											
SiO <sub>2</sub>	58.76	65.82	61.35	55.79	59.75	72.19	57.75	58.5	65.5	52.85	58.5
TiO <sub>2</sub>	0.49	0.40	0.40	0.56	0.54	0.07	0.75	0.77	0.40	0.69	0.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.85	15.85	18.29	18.29	19.46	15.43	17.2	17.1	16.55	18.18	16.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.66	4.13	4.82	6.69	4.89	1.58	7.37	7.75	4.23	8.88	7.03
MnO	0.15	0.10	0.17	0.18	0.10	0.02	0.20	0.12	0.13	0.20	0.15
MgO	2.19	1.71	2.2	5.09	2.27	1.38	3.07	3.86	1.5	3.89	3.03
CaO	7	3.79	6.33	4.92	5.13	0.618	7.44	7.05	5.65	8.53	6.75
Na <sub>2</sub> O	3.57	4.14	3.92	5.41	4.63	5.08	3.41	3.46	3.75	2.72	3.07
K <sub>2</sub> O	0.57	1.47	0.59	0.30	0.38	0.92	0.84	0.77	0.63	0.43	1.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.18	0.23	0.15	0.19	0.01	0.08	0.15	0.05	0.16	0.13
LOI	2.38	2.23	1.58	2.48	2.53	2.11	2.38	1.51	2.27	3.31	3.85
Total	99.84	99.82	99.88	99.86	99.86	99.41	100.49	101.04	100.66	99.84	100.64
Unsur jarang dan tanah langka (ppm)											
Sc	7.98	7.36	7.6	17.29	12.18	9.64	20	21	8	18	17
V	253.9	286.3	235.8	293.7	496.3	236	145	155	60	140	120
Ni	5	3	3	9	19.92	7.12	16	15	6	8	7
Rb	8.4	16.14	11.57	6.21	181.97	9.38	19	18	17	10	21
Sr	249.1	150.3	214.5	128	845	78.25	320	307	365	357	310
Y	11.51	36.31	11.15	11.76	20.41	20.58	18	17	12.5	17	24
Zr	35.23	34.13	16.87	17.43	114.33	5.74	57	70	37	49	84
Nb	1.29	1.73	1.12	0.86	26.88	1.59	1	1	1.2	1	1
Ba	51.59	130.01	53.26	28.72	1105.9	24.99	147	131	170	87	120
La	4.13	9.34	4.44	3.01	114.75	5.11	5.2	5.3	7	5.1	6
Ce	6.05	10.28	6.21	4.44	128.8	8.04	-	-	-	-	-
Pr	1.57	2.97	1.56	1.14	13.69	2.08	-	-	-	-	-
Nd	7.17	12.85	6.94	5.26	49.97	9.19	11	11	10.3	10	11.5
Sm	1.89	3.46	1.78	1.54	9.04	2.26	-	-	-	-	-
Eu	0.4	0.65	0.4	0.33	1.57	0.24	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8
Dy	1.91	4.42	1.92	2.05	4.17	1.92	3	3	1.7	2.8	3.8
Er	1.09	2.62	1.09	1.18	1.89	1.14	1.31	1.4	0.8	1.25	2
Yb	1.11	2.58	1.13	1.14	1.62	1.05	1.52	1.45	1.1	1.58	2.51
Gd	1.61	3.23	1.55	1.44	6.67	1.6	-	-	-	-	-
Ho	0.41	0.97	0.41	0.44	0.76	0.42	-	-	-	-	-
Tb	0.28	0.63	0.28	0.29	0.82	0.28	-	-	-	-	-
Th	0.67	1.99	0.76	0.41	14.53	1.33	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	22	24	15	10	10
Co	-	-	-	-	-	-	26	21	6	22	17

Keterangan:

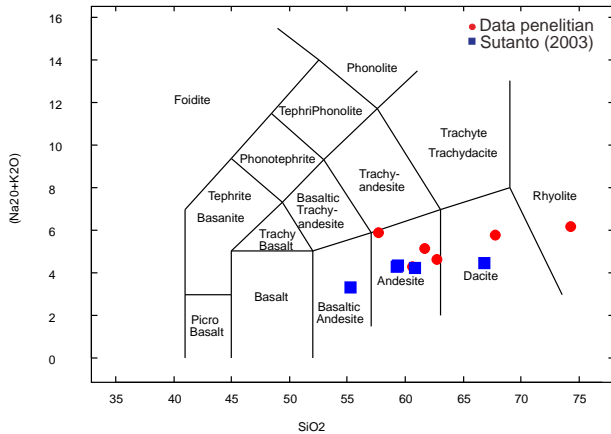
Sampel PC 1-34 dari Sutanto (2003)

kandungan unsur Sr yang berkisar antara 307 hingga 365 ppm, unsur Y bervariasi antara 12.5-24 ppm dan Yb (1.1-2.51 ppm).

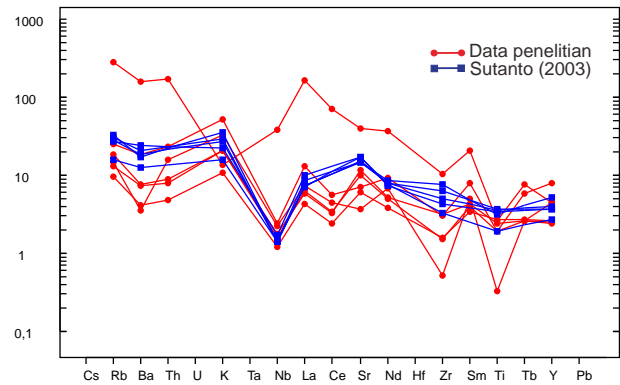
## Diskusi

Walaupun batuan Adakit telah banyak diteliti namun masih menimbulkan banyak perdebatan diantara para peneliti (Hartono dan Sulistiyawan, 2011). Batuan adakit pertamakali diperkenalkan oleh

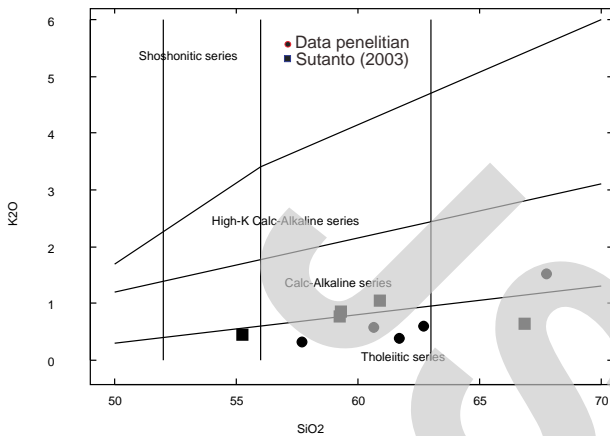
Defant dan Drummond (1990). Mereka menyatakan bahwa batuan adakit adalah batuan gunung api atau terobosan berumur Kenozoik yang berhubungan dengan penunjaman lempeng samudera panas dan relatif berumur muda. Secara umum batuan adakit memiliki ciri kandungan unsur Sr yang tinggi (>400 ppm), miskin HREE (Y < 18 ppm dan Yb = 1.9 ppm) sehingga rasio Sr/Y menjadi tinggi. Ciri lain adalah mempunyai kandungan SiO<sub>2</sub> > 56%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 15% dan MgO < 3%.



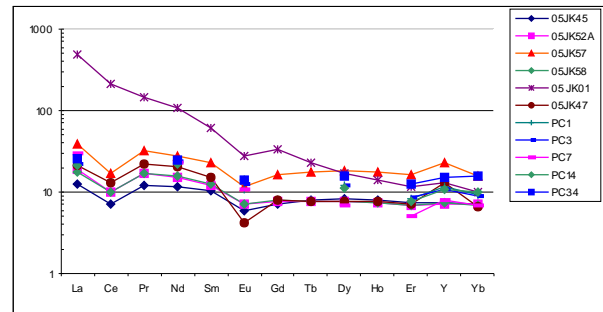
Gambar 4. Diagram Total Alkali Silika batuan gunung api Pacitan menurut Le Bas drr, 1986.



Gambar 6. Diagram laba-laba unsur jarang batuan gunung api Pacitan dinormalisasi terhadap kondrit menurut Sun dan Mc Donough, 1995.



Gambar 5. Diagram SiO<sub>2</sub> vs K<sub>2</sub>O batuan gunung api Pacitan menurut Peccerillo & Taylor, 1976, menempatkan batuan gunung api Pacitan kedalam seri Toleit sampai Kalk-alkalin



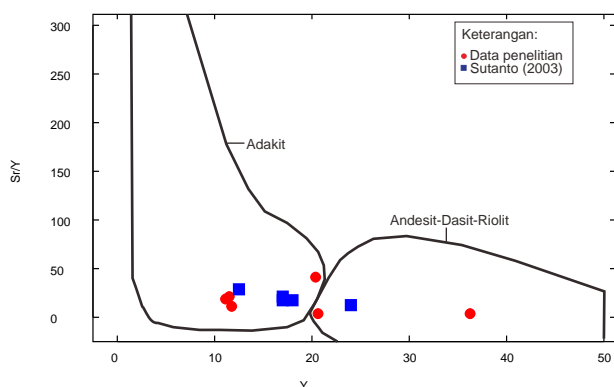
Gambar 7. Diagram laba-laba unsur tanah langka batuan gunung api Pacitan dinormalisasi terhadap kondrit menurut Sun dan Mc Donough, 1995.

Penggambaran hasil analisis unsur utama batuan gunung api Pacitan kedalam diagram diskriminan Harker (Gambar 3) memperlihatkan adanya proses diferensiasi dan fraksinasi kristalisasi yang terlihat pada penurunan kandungan unsur – unsur TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO dan CaO. Penurunan kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CaO berbanding SiO<sub>2</sub> menunjukkan adanya fraksinasi mineral plagioklas demikian pula penurunan kandungan TiO<sub>2</sub> terjadi karena fraksinasi mineral – mineral oksida Fe-Ti. Diagram *Total Alkali Silica* (Le Bas drr, 1986) memasukkan batuan gunung api Pacitan ke dalam batuan basal – andesit sampai riolit (Gambar 4), hal ini sesuai dengan hasil analisis petrografi. Pada diagram SiO<sub>2</sub>–K<sub>2</sub>O (Peccerillo dan Taylor, 1976) hampir seluruh contoh batuan berada di dalam seri toleit K – rendah kecuali JK57 yang berada pada kisaran seri kalk-alkalin K – menengah (Gambar 5). Soeria-Atmadja drr. (1994)

menyatakan bahwa batuan gunung api Pacitan berciri batuan gunung api busur kepulauan yang bersifat toleit.

Diagram laba-laba unsur jarang batuan gunung api Pacitan yang dinormalisasi menurut Sun dan Mc Donough (1995) memperlihatkan adanya pemiskinan pada unsur – unsur Nb, Zr dan Ti (Gambar 6), yang menunjukkan bahwa batuan ini berafinitas magma busur kepulauan, kecuali satu contoh batuan JK 01 yang memiliki kandungan K – rendah dan Rb, Ba tinggi yang ditafsirkan karena adanya penggantian unsur K oleh Rb dan Ba pada mineral felspar. Diagram laba – laba unsur tanah langka (Gambar 7) terlihat adanya pola diagram yang relatif mendatar kecuali unsur Ce dan Eu yang menukik, hal ini dapat ditafsirkan sebagai fraksinasi mineral plagioklas (Hartono dan Sulistiyawan, 2010). Hasil analisis unsur utama pada beberapa contoh batuan gunung api / terobosan dari daerah Pacitan memperlihatkan adanya ciri batuan adakitik





Gambar 8. Diagram diskriminan batuan gunung api Pacitan menurut Defant & Drummond, 1990.

yaitu batuan memiliki kandungan  $\text{SiO}_2 > 56\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$  namun kandungan  $\text{MgO} < 3\%$  kecuali contoh 05JK45 ( $\text{MgO} > 5\%$ ), Kandungan Sr 128 – 845 ppm, Y (11,15 – 36,31 ppm) dan Yb (1,05 – 2,58 ppm). Sedangkan data hasil penelitian Sutanto (2003) memiliki kandungan Sr (307 – 365 ppm), Y (12,5 – 24 ppm) dan Yb (1,1 – 2,51 ppm). Diagram diskriminan Sr/Y berbanding Y menurut Defant dan Drummond, 1990 (Gambar 8) menempatkan batuan gunung api/ terobosan Pacitan kedalam zona Adakit dan hanya dua contoh batuan lainnya yang berada pada zona ADR (Andesit – Dasit - Riolit).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian sebelumnya, diketahui adanya hubungan antara keberadaan batuan adakit dengan keterdapatan cebakan mineralisasi (Hartono & Sulistyawan, 2011). Namun hubungan antara keberadaan beberapa lokasi zona mineralisasi di daerah Pacitan dan batuan adakitik di daerah ini belum diketahui.

#### Acuan

- Bemmelen, R.W. van, 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, General Geology. Martinus Nijhoff, The Hague. Netherlands. 1A; 723.
- Defant, M.J. and Drummond, M.S., 1990. Deviation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, 347: 662-665.
- Hamilton, W B, 1988. Plate tectonics and island arcs, *Geological Society of America Bulletin*, 100: 1503-1527.
- Hartono, U and Sulistyawan, R.I.H., 2010. Origin of Cretaceous High Magnesian Andesites From Southeast Kalimantan. *Journal of Geological Resources.*, v.20, No.5: 261-276.
- Hartono, U and Sulistyawan, R.I.H., 2011. An overview of arc magma petrogenesis. *Journal of Geological Resources.*, v.21, No.4: 179-190.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks

Widodo dr. (2002) menyatakan bahwa singkapan bijih sulfida dan urat kuarsa serta indikasi mineralisasi berupa ubahan silisifikasi, propilitisasi dan argilitisasi, terbentuk sebagai akibat dari proses hidrotermal.

#### Kesimpulan

Batuan gunung api/ terobosan daerah Pacitan adalah bagian dari Pegunungan Selatan yang merupakan Lajur Formasi Andesit Tua. Secara petrologi dan geokimia batuan ini termasuk ke dalam basal – andesit sampai riolit. Data geokimia hasil penelitian dan data Sutanto (2003) menempatkan batuan gunung api Pacitan ke dalam seri toleitik K – rendah. Unsur tanah jarang menunjukkan adanya afinitas magma busur kepulauan dengan satu contoh yang memiliki kandungan Rb dan Ba tinggi yang menggantikan unsur K dalam mineral felspar. Pada diagram Y terhadap Sr/Y terlihat beberapa contoh batuan yang berada pada zona Adakit dan hanya dua contoh yang berada pada zona ADR.

Hubungan antara batuan adakitik dengan keberadaan cebakan mineralisasi belum diketahui. Singkapan mineralisasi yang dijumpai berhubungan dengan proses hidrotermal.

#### Ucapan Terima Kasih

Data yang digunakan adalah hasil penelitian lapangan yang telah dilakukan pada Tahun Anggaran 2010, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Joko Subandrio, M.Si sebagai Kepala Tim Lapangan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Sutanto yang telah mengizinkan penulis untuk memakai data penelitiannya di daerah Pacitan.

- based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*. 27 : 745-750.
- Mc Donough, W. F. & Sun S-s., 1995. "The Composition of the Earth", *Chemical Geology*. 120: 223-253.
- Peccerillo, A and Taylor, S. R., 1976, Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 58: 63-81.
- Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosaputro, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sartono, 1964. *Stratigraphy and sedimentation of the easternmost part of Gunung Sewu (East Java)*. Publikasi Teknik seri Geologi Umum No.1. Departemen Perindustrian Dasar/ Pertambangan, Direktorat Geologi, Bandung. 95 p.
- Smyth, H.R., Hall, R., and Nichols, G.J. 2008. Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: The stratigraphic record of eruption on an active continental margin. *The Geological Society of America, Special Paper* 436: 199-222.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., and Priadi, B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of Southeast Asian Earth Science*. V.9, N.12:13-27.
- Sutanto, 2003. Batuan Volcanic Tersier di daerah Pacitan dan sekitarnya. *Majalah Geologi Indonesia*, Vol.18, No.2: 159-167.
- Sun,S-s.,& McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Eds), *Magmatism in the Ocean Basins*. *The Geological Society, London, Spec. Publ.* 42: 313-345.
- Widodo,W., Simanjuntak, S., 2002. Hasil Kegiatan Eksplorasi Mineral logam Kerjasama Teknik Asing daerah Pegunungan Selatan, Jawa Timur (JICA/MMAJ – Jepang) dan Cianjur (KIGAM – Korea) (Tidak terbit).
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis, A Global Tectonic Approach*. Harper Collins Academic. London, 466p.