

ANALISA UNSUR UTAMA DAN UNSUR JEJAK DALAM IDENTIFIKASI PETROGENESIS PADA BATUAN BEKU GUNUNG GALUNGGUNG, JAWA BARAT

Mendy Aisha Ramdhiani^{1*}

Alwin Mugiyantoro²

Sutarto³

¹*Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta*

²*Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta*

³*Dosen Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Yogyakarta, Jalan SWK 104, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283*

**Corresponding author: mendyaramdhiani@gmail.com*

ABSTRAK

Gunung Galunggung merupakan salah satu gunung api aktif yang terletak di daerah Jawa Barat. Gunung Galunggung sangat menarik untuk diteliti baik dari segi geokimia batuan, petrografi, dan mineralogi yang nantinya dapat dijadikan sebagai parameter proses geologi yang telah terjadi atau paragenesis batuan. Metode yang digunakan adalah dengan analisa sampel batuan yang mengacu pada parameter petrogenesa yaitu analisa petrografis, geokimia menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*), mikro analisis menggunakan SEM/EDX (*Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-Ray*), dan mineralogi. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa Gunung Galunggung tersusun atas batuan beku vulkanik porfiri basalt. Berdasarkan kandungan unsur utama dan unsur jejak, diidentifikasi bahwa asal magma berhubungan dengan tatanan tektonik *within plate tholeiites and volcanic arc basalt*. Kemudian berdasarkan hasil analisa, sampel batuan Gunung Galunggung terbentuk pada suhu $\pm 1078\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1240\text{ }^{\circ}\text{C}$ serta pada kedalaman $\pm 132\text{ km} - 149\text{ km}$ dibawah permukaan bumi.

Kata kunci : *petrogenesis, geokimia, Gunung Galunggung*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki setidaknya 127 gunung api aktif yang tersebar di berbagai provinsi. Pulau Jawa merupakan bagian dari Busur Sunda yang memiliki tatanan geologi dan tektonik bertipe busur kepulauan yang berasal dari subduksi lempeng India-Australia ke arah utara dan Lempeng Eurasia ke arah selatan. Gunung Galunggung merupakan salah satu gunung api aktif yang terletak di daerah Tasikmalaya, Jawa Barat, merupakan gunungapi strato tipe A dengan ketinggian 2168 meter diatas permukaan laut.

Menurut sejarah, letusan Gunung Galunggung telah mengalami empat kali letusan pada tahun 1822, 1894, 1918, dan 1982-1983. Sudah tentu Gunung Galunggung memiliki batuan hasil erupsi ke berbagai arah sehingga sangat menarik untuk diteliti baik dari segi geokimia batuan, petrografi, dan mineralogi yang nantinya dapat dijadikan sebagai parameter proses geologi yang telah terjadi atau paragenesis batuan. Tujuan dari analisis geokimia batuan Gunung Galunggung ini untuk mengetahui kandungan unsur utama dan unsur jejak menggunakan analisis geokimia XRF (*X-Ray Fluorescence*), menafsirkan data geokimia batuan dan hubungannya dengan petrogenesis batuan beku mencakup klasifikasi batuan, menghitung mineral normatif, menentukan afinitas magma, dan menentukan lingkungan tektonik dengan berbagai diagram dan model geokimia yang berkaitan.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan analisa sampel batuan yang berasal dari Gunung Galunggung. Metode analisis yang digunakan mengacu pada parameter

petrogenesa diantaranya petrografis, geokimia batuan menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*), mikro analisis menggunakan SEM/EDX (*Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-Ray*), dan mineralogi. Senyawa yang dianalisis dengan metode XRF adalah unsur utama berupa SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ dan *trace element* (unsur jejak) berupa Ba, Ce, Cr, Cu, Dy, Ga, Hf, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sr, Sc, Th, U, V, Y, Yb, Zn, Zr, Co. Kemudian nilai-nilai unsur tersebut diolah dengan menggunakan software *petrograph*, *winrock* dan Ms. Excel. Berdasarkan data-data kimia batuan tersebut, maka dapat ditentukan karakteristik jenis batuan, magma asal, serta kedalaman magma.

3. Data

3.1 Petrogenesis

Petrogenesis berasal dari kata *petra* (batuan) dan *genesis* (kejadian), petrogenesis adalah salah satu cabang dari ilmu petrologi yang mempelajari sejarah dan interpretasi genesa batuan. Studi mengenai petrogenesis batuan beku melibatkan karakter dari sumber magma, kondisi dari *partial melting*, dan sejauh mana modifikasi magma primer dari mantel selama transportasi dan terakumulasinya di dalam kantong magma.

3.2 Kimiawi Batuan

Kemajuan pesat yang dicapai oleh ilmu petrogenesis ditunjang oleh kemajuan pada bidang analisis kimia. Kimiawi batuan adalah parameter dan data dasar yang amat diperlukan petrogenesis. Kimiawi batuan dibagi ke dalam kelompok unsur utama (termasuk unsur minor), unsur jejak, dan isotop.

3.2.1 Unsur Utama

Unsur utama terdiri dari 10 oksida, yaitu SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, Na₂O, K₂O, dan P₂O₅ ditambah LOI (*loss on ignition*) dari batuan yang dianalisa, dijadikan dalam % berat dengan jumlah keseluruhan harus 100%. Semakin tinggi SiO₂ dalam batuan menunjukkan semakin asam batuan tersebut. LOI (*Loss on Ignition*) adalah total dari seluruh zat volatil dalam batuan, yaitu: O₂, CO₂, C, H₂O, F, S, Cl, B, dan lainnya. Batuan beku yang mengandung banyak mineral ubahan seperti mineral lempung, sulfida, karbonat, mika, dll akan memberikan nilai LOI yang tinggi.

3.2.2 Unsur Jejak

Unsur jejak yang sering dipakai untuk indikator dan parameter petrogenesis antara lain Cr, Co, Ni, Pb, Ba, Rb, Sr, V, REE (*rare earth element*), Th, U, Nb, W, Ta, Zr, Hf, Sb, Li, Y. Kelimpahannya yang kecil di dalam batuan dan magma, unsur jejak sangat baik sebagai indikator petrogenesis. Suatu unsur ada yang dikatakan sebagai unsur kompatibel (*compatible element*) dan unsur inkompatibel (*incompatible element*) dimana unsur yang inkompatibel mempunyai karakter dapat tinggal lebih lama dalam cairan dibandingkan dalam mineral, dapat cepat keluar dari mineral pada saat proses kristalisasi, dan terlarut dalam cairan pada proses peleburan sebagian (*partial melting*). Unsur kompatibel mempunyai sifat kebalikan dari unsur inkompatibel.

3.2.3 Isotop Radiogenik

Unsur jejak ada yang bisa digunakan untuk indikator petrogenesis dari isotop radiogeniknya. Unsur-unsur tersebut diantaranya Rb-Sr, Sm-Nd, dan U-Th-Pb. K-Ar dan U-Pb juga sering digunakan untuk melakukan analisis umur absolut. Kimiawi batuan ini dapat digunakan untuk

menentukan jenis batuan, seri magmatik, lingkungan tektonik, asal magma, perhitungan kedalaman magma asal, dan perkiraan mineralogi batuan

3.3 Mikro Analisis SEM/EDX

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah jenis mikroskop elektron yang menciptakan berbagai gambaran dengan memusatkan suatu berkas cahaya energi elektron tinggi ke permukaan suatu sampel dan sinyal pendeteksian dari interaksi elektron dengan permukaan sampel yang digabungkan menjadi satu panel analitis sehingga mempermudah proses analitis dan lebih efisien.

SEM/EDX (*Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) pada dasarnya merupakan pengembangan SEM. Analisa SEM EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi yang sangat tinggi hingga memperoleh suatu tampilan dari permukaan sampel yang kemudian di komputasikan dengan *software* untuk menganalisis komponen materialnya baik dari kuantitatif mau pun dari kualitatifnya.

3.4 Gunung Galunggung

Bronto (1989) menyatakan bahwa lava Gunung Galunggung secara petrologi dan geokimia terdiri dari Basalt (49-53% SiO₂), basaltik andesit (53-57% SiO₂) dengan tekstur porfiritik dan fenokris berukuran sedang tertanam dalam kristal harus atau massa dasar gelas. Hasil analisis mineral modal mengindikasikan 15-40% fenokris yang didominasi oleh plagioklas ($\pm 18\%$) dan klinopiroksen (1,6%), namun beberapa sampel lava tidak memiliki fenokris klinopiroksen. Olivine merupakan mineral yang selalu ditemukan (1-4%) kecuali pada batuan *cryptodome* Galunggung Tua, dimana ortopiroksen lebih mendominasi (mencapai 4%). Amfibol tidak terlihat pada beberapa sampel Galunggung Tua namun ditemukan pada endapan aliran pirokastik. Semua mineral pada batuan Gunung Galunggung diperkirakan mengalami kristalisasi pada suhu yang tinggi (1000 – 1300°C) namun dengan tekanan yang rendah (< 10 Kb)

Berdasarkan kandungan Mg, batuan Galunggung dibagi menjadi,

1. *High-Mg Basalt* (12,5-10% MgO)
 - a. *Low-K high-Mg Basalt* (<0,4% K₂O)
 - b. *Medium-K high-Mg Basalt* (0,6% K₂O)
2. “*Transitional*” *High-Mg Basalt* (9-6,5% MgO)
3. *Low-Mg Basalt* (< 6% MgO)

Alkali dan unsur inkompatibel meningkat namun unsur kompatibel menurun seiring dengan meningkatnya kandungan SiO₂. *High-Mg Basalt* memperlihatkan batuan primitif Gunung Galunggung mempunyai kandungan Mg yang paling tinggi (Mg# = 75-69), Ni (mencapai 193 ppm), dan Cr (711 ppm) namun mempunyai kandungan unsur inkompatibel yang paling rendah. *High-Mg Primitive Basalt* pada Gunungapi Galunggung memperlihatkan komposisi yang dibawa dari peridotite pada mantel bagian atas. *Low-K High-Mg Basalt* berasal dari spinel-peridotite akibat 15% peleburan dengan kedalaman 50 km sedangkan *medium-K high-Mg basalt* berasal dari plagioklas-peridotite akibat 25-40% peleburan dengan kedalaman 30 km.

Gerbe (1991) menyatakan bahwa kelimpahan unsur mayor dan jejak memperlihatkan variasi dari *high-Mg basalt* hingga andesit: SiO₂ dari 47-58 wt%, MgO dari 12-4 wt%, Th dari 0,75-2 ppm, Ni dari 200-6 ppm, dan Cr dari 680-16 ppm. Komposisi fenokris plagioklas, piroksen, olivine pada dasarnya seimbang dengan hasil analisis dan menunjukkan variasi yang sesuai dengan *fractional crystallization*.

Namun, dari analisis geokimia juga didapat sejumlah kecil dari volume magma mungkin telah terpengaruh oleh proses magmatik seperti kristalisasi in situ dan magma mixing. Data Nd, Sr, Th, dan O mendukung model fraksinasi, namun data O dan Sr mengindikasikan adanya fluida meteorik yang sudah mempengaruhi magma Gunung Galunggung. *High-Mg Basalt* yang dihasilkan pada letusan terakhir memperlihatkan kandungan *parental magma* yang mungkin mempunyai komposisi mantel prime

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geokimia

Analisis geokimia telah dilakukan pada 8 buah sampel batuan yang diantaranya 3 sampel berasal dari *Cinder Cone*, 2 sampel berasal dari Formasi Cibajaran, dan 3 sampel berasal dari Formasi Tasikmalaya atau sering juga disebut dengan *Ten Thousand Hill* (Bukit 10.000) yang meliputi oksida unsur utama dan unsur jejak.

4.1.1 Geokimia Unsur Utama

Pola kimia unsur utama dicirikan dengan kandungan senyawa oksida SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ seperti pada (Tabel 1) dan (Tabel 2). Bronto (1989) dalam penelitiannya melakukan analisis pada batuan Gunung Galunggung dengan posisi stratigrafi yang sama yaitu Formasi Tasikmalaya (*caldera forming event*), Formasi Cibajaran (1982-1983 *eruption*) sehingga dapat dijadikan data pembanding. Bronto (1989) juga membagi batuan Gunung Galunggung berdasarkan kandungan MgO. Berdasarkan pembagian tersebut, sampel No. 254 dan No. 255 termasuk kedalam *high-Mg basalt* (12,5-10% MgO) dengan jenis *low-K high-Mg Basalt* karena mempunyai % K₂O < 0,4, sedangkan sisanya termasuk kedalam *low-Mg basalt* dengan kandungan MgO < 6%. (Gambar 1) menunjukkan diagram harker dengan menggunakan SiO₂ sebagai faktor pembanding, maka variasi unsur utamanya dapat diuraikan sebagai berikut: Al₂O₃, P₂O₅, MgO dan TiO₂ menunjukkan adanya pola tidak teratur/trend acak; Na₂O dan K₂O menunjukkan adanya pola korelasi positif; sedangkan Fe₂O₃ dan CaO menunjukkan adanya pola korelasi negatif. Hasil *plotting* unsur utama yang dianalisis menunjukkan ada beberapa ketidakteraturan khususnya pada oksida MgO, dimana seharusnya menunjukkan pola korelasi negatif terhadap SiO₂ sehingga dapat diinterpretasikan ada beberapa sampel yang bukan berasal dari magma yang sama. Namun adanya pola korelasi positif dari Na₂O, K₂O dan adanya korelasi negatif dari Fe₂O₃ dan CaO memperlihatkan keteraturan sesuai dengan *fractional crystallizati*

4.1.1.1 Jenis Batuan Berdasarkan Unsur Utama

Berdasarkan *plotting* SiO₂ dan Na₂O + K₂O, sampel batuan yang didapat dari tiga formasi berbeda adalah Basalt, Basaltik Andesit, dan Andesit. Hasil *plotting* menunjukkan sampel dari *cinder cone* termasuk ke dalam jenis batuan basalt, 2 sampel Formasi Cibajaran termasuk ke dalam batuan basaltic andesit-andesit, sedangkan 3 sampel Formasi Tasikmalaya (Bukit 10000) termasuk ke dalam batuan jenis basaltic andesit-andesit. Tidak berbeda jauh dengan diagram TAS LeBas et al., (1986), berdasarkan diagram TAS Cox et al., (1979) hasil *plotting* sampel batuan yang didapat dari tiga formasi yang berbeda adalah Basalt, Basaltik Andesit, dan Andesit. Hasil *plotting* 3 sampel dari *cinder cone* termasuk ke dalam jenis batuan basalt, 2 sampel Formasi Cibajaran termasuk ke dalam batuan basaltic andesit-andesit, sedangkan Formasi Tasikmalaya (Bukit 10000) termasuk ke dalam batuan jenis andesit. Hasil *plotting* dapat dilihat pada (Gambar 2).

4.1.1.2 Afinitas Magma

Peccerillo dan Taylor (1976) mengelompokkan jenis magma berdasarkan kandungan K₂O dan SiO₂ (Gambar 3) menjadi empat golongan yaitu *tholeiite series*, *calc-alkaline series*,

high-K Calc-alkaline series, dan shoshonite series. Berdasarkan plotting SiO₂ dan K₂O, menunjukkan bahwa batuan Gunung Galunggung termasuk ke dalam golongan *tholeiitic series* detailnya berjenis *low K-tholeiite, low-K Basaltic andesite, dan Low-K andesite*. Afinitas magma ini dicirikan dengan K₂O yang sangat rendah dengan kandungan SiO₂ dari rendah hingga tinggi.

4.1.1.3 Asal Magma Berdasarkan Unsur Utama

Analisis penentuan asal magma menggunakan diagram trilinear berdasarkan perbandingan nilai persentase berat senyawa TiO₂, 10XMnO, dan 10XP₂O₅ (Gambar 4). Dalam diagram ini, Mullen (1983) membagi menjadi empat klasifikasi, yaitu *mid oceanic ridge basalt, island arc tholeiite, island arc calc-alkaline basalt, oceanic island tholeiite, dan oceanic island alkaline basalt*. Berdasarkan sampel yang di analisis, menunjukkan bahwa sampel yang berasal dari Formasi Cibajaran dan Formasi Galunggung Tua (*cinder cone*) berkaitan dengan pembentukan *island arc tholeiite* sedangkan sampel yang berasal dari Formasi Tasikmalaya (Bukit 10000) berkaitan dengan pembentukan *island arc calc-alkaline basalt*.

4.1.1.4 Kedalaman Magma Asal

Hutchinson (1977) menyusun rumus untuk mengetahui kedalaman magma berdasarkan kandungan SiO₂ dan K₂O. Proses tunjaman akan menghasilkan panas jalur penekukan sehingga aliran panas yang tinggi akan menimbulkan aktifitas magma pada jalur Benioff. Diferensiasi atau asimilasi magma dengan kerak bumi yang dilaluinya saat bergerak ke atas sebagai pluton atau vulkanisme akan mengakibatkan perubahan komposisi magma. Analisis kedalaman magma asal dari delapan sampel Gunung Galunggung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$h = [320 - (3,65 \times \%SiO_2)] + (25,52 \times \%K_2O)$$

Berdasarkan data hasil perhitungan, sumber magma intrusi Gunung Galunggung berasal dari kedalaman antara ±132 km – 149 km di bawah permukaan bumi dengan tingkat diferensiasi magma yang tinggi.

4.1.2 Geokimia Unsur Jejak

Analisis kimia unsur jejak pada delapan sampel batuan Gunung Galunggung menggunakan parameter Ba, Ce, Cr, Cu, Dy, Ga, Hf, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sr, Sc, Th, U, V, Y, Yb, Zn, Zr, dan Co menghasilkan hasil yang bervariasi dalam ppm seperti pada (Tabel 3). Apabila dibandingkan dengan hasil analisis kimia unsur jejak Bronto (1989) sebagai data pembanding, hasilnya sangat jauh berbeda. Gerbe (1991) menyatakan bahwa erupsi 1982-1983 pada Gunungapi Galunggung menghasilkan *High-Mg basalts* dengan kandungan primitif (10-12 wt% MgO, 180-200 ppm Ni, dan 550-700 ppm Cr), sedangkan Tatsumi & Eggins (1995) dalam Smith et al (1997) menyatakan magma primer dengan kandungan Mg sekitar 70 atau lebih, unsur kompatibel yang melimpah seperti Ni > 200 ppm dan Cr > 400 ppm. Apabila dibandingkan dengan data analisis geokimia pada sampel No. 30, 254, 256, hasilnya tidak terlalu jauh dimana mempunyai unsur mayor MgO (8-10,6 wt%), unsur jejak Ni (±165-174 ppm), dan Cr (±522-593 ppm).

Berdasarkan hal tersebut, sampel No. 30, 254, dan 256 itu dapat disimpulkan berasal dari Formasi Cibajaran dan merupakan hasil erupsi Gunungapi Galunggung 1982-1983. Hal tersebut bisa jadi merupakan sesuatu yang aneh karena basalt primitif biasanya tidak ditemukan pada batas lempeng konvergen (Nye dan Reid, 1986 dalam Bronto, 1989). Untuk mempelajari gambaran evolusi magma dan diskriminasi geokimia dari batuanannya, dapat diinterpretasi dengan bantuan diagram variasi dengan memakai SiO₂ sebagai parameter nya

(Gambar.5). Terlihat unsur kompatibel Ni dan Cr dalam diagram berkorelasi negatif seiring dengan bertambahnya komposisi SiO₂, sebagaimana kita ketahui Ni akan terkonsentrasi pada olivine sedangkan Cr akan terkonsentrasi pada spinel/clinopyroxene seiring dengan bertambahnya komposisi SiO₂. Sedangkan untuk unsur inkompatibel Ba dan Rb menunjukkan korelasi positif mungkin tersubstitusi untuk K pada K-feldspar, mineral mika, dan hornblende.

4.1.2.1 Asal Magma Berdasarkan Unsur Jejak

Analisis penentuan asal magma menggunakan diagram trilinear berdasarkan perbandingan nilai persentase berat unsur jejak $2xNb'$, $Zr/4$, dan Y (Gambar 6).. Berdasarkan sampel yang di analisis, menunjukkan bahwa sampel yang berasal dari Formasi Cibajaran dan Bukit 10000 berkaitan dengan pembentukan *within plate tholeiites and volcanic arc basalt* sedangkan sampel yang berasal dari *Cindercone* berkaitan dengan pembentukan *N-type MORB and volcanic arc basalt*.

Meskipun begitu, delapan sampel tersebut dapat digolongkan pada tatanan tektonik *volcanic arc basalt* tidak berbeda jauh dengan hasil analisis asal magma menggunakan unsur utama sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel Gunungapi Galunggung terbentuk pada tatanan tektonik *volcanic arc* yang merupakan deretan gunungapi dihasilkan oleh adanya serangkaian proses subduksi berupa *island arc*.

4.1.2.2 Spider Diagram

Pengeplotan dengan diagram laba-laba atau *spider diagram* dilakukan dengan normalisasi MORB (Pearce, 1983) dan *primitive mantle* (Sun dan McDonough 1989) bisa dilihat pada (Gambar 7) dan (Gambar 8) dibawah ini. Berdasarkan kedua diagram tersebut menunjukkan variasi konsentrasi yang kecil dengan pola tidak berbeda jauh. Terdapat anomali negatif yang cukup besar pada unsur Nb, unsur Zr juga memperlihatkan sedikit anomali negatif. Adanya anomali negatif pada unsur Nb mencirikan suatu batuan terbentuk pada tatanan tektonik *island arc* sedangkan adanya anomali negatif pada unsur Zr menandakan bahwa mineral sphene dan rutil mengalami fraksinasi. Anomali positif terlihat pada Pb, Th, dan Ce.

4.2 Mikro Analisis SEM/EDX

Mikro analisis dilakukan pada 3 buah sampel batuan yang mewakili 8 sampel keseluruhan yaitu sampel yang berasal dari *cinder cone* (No. 259), Formasi Tasikmalaya (No. 34), dan sampel *columnar joint* di daerah telitian (No. 98). Adapun hasil pengeplotan pada beberapa titik spektrum menunjukkan beberapa mineral piroksen dengan kandungan yang berbeda. Hasil analisa SEM/EDX dapat dilihat pada (Tabel 4).

4.3 Analisa Petrografi

Secara mikroskopis, hanya tiga sampel sayatan saja yang dianalisis, yaitu sampel nomor 32 (*Cinder Cone*), 34 (Formasi Tasikmalaya), dan 35 (Formasi Cibangaran) (Gambar 9). Sayatan batuan memiliki warna coklat hingga coklat keputih-putihan, bertekstur porfiroafanitik dengan massa dasar afanitik hingga fanerik halus, hubungan kristal inequigranular, bentuk mineral subhedral-anhedral, derajat kristalisasi hipokristalin. Mineral penyusun utama terdiri dari plagioklas sebanyak 30-55%, piroksen sebanyak 5-20%, olivine sebanyak 5-18%, mineral opak berupa magnetit sebanyak 2-7%, sedikit alkali feldspar sebanyak 2-5%, tersebar sebagai fenokris. Mineral mikrolit plagioklas sebanyak 5-35%, mikrolit piroksen sebanyak 2-7%, mineral opak sebanyak 2-7%, dan gelas vulkanik sebanyak 3-51% tersebar sebagai massa dasar. Struktur vesikuler hadir diseluruh sampel sayatan tipis batuan. Ditemukan sedikit mineral opak magnetite yang tersebar, namun ada juga beberapa yang menjadi inklusi pada mineral olivine atau piroksen. Semua sampel yang dianalisis tidak menunjukkan adanya ubahan atau alterasi, sehingga menunjukkan bahwa batuan belum berubah. Berdasarkan deskripsi mikroskopis analisis petrografi, dapat disimpulkan bahwa batuan Gunung Galunggung tersusun oleh batuan beku jenis Porfiri Basalt berdasarkan klasifikasi Travis (1955).

4.3 Mineral Normatif

Unsur utama batuan dipakai secara luas untuk menghitung mineral normatif menurut konsep CIPW Norm. Adapun beberapa mineral normatif yang terdapat pada sampel dapat dilihat pada (Tabel 5) .Berdasarkan perhitungan berat jenis dan suhu pada software CIPW Norm Calculation, didapat bahwa batuan Gunung Galunggung terbentuk pada suhu berkisar 1078°C - 1240 °C dan berat jenis batuan berkisar di 2,86 gram/cm³ – 3,02 gram/cm³. Semua sampel yang di analisis bisa disebut tidak jenuh silika karena mengandung kuarsa berkisar di 10% bahkan pada sampel No. 254 dan 255 kuarsa tidak dijumpai, mineral plagioklas lebih dari 50%, kandungan hyperstene dan diopside dijumpai pada semua sampel dengan jumlah berkisar antara 5-14% meskipun pada sampel no. 33 tidak ditemukan hyperstene.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur, pengumpulan data, dan analisis terhadap delapan sampel batuan Gunungapi Galunggung, didapat kesimpulan sebagai berikut,

1. Analisis petrografis batuan Gunungapi Galunggung tersusun atas batuan beku vulkanik basalt dan andesit sedangkan analisis petrografi secara mikroskopis batuan Gunungapi Galunggung tersusun atas batuan beku vulkanik porfiri basalt.
2. Berdasarkan analisis geokimia berdasarkan TAS (Total Alkali-Silika), batuan Gunungapi Galunggung terdiri dari basalt, basaltis andesit, dan andesit yang termasuk ke dalam seri magma *tholeiitic* detailnya berjenis *low K-tholeiite*, *low-K Basaltic andesite*, dan *Low-K andesite* dengan perhitungan magma asal berdasarkan perhitungan SiO₂ dan H₂O adalah ±132 km – 149 km dibawah permukaan bumi.
3. Analisis asal magma yang didasarkan pada unsur utama diagram trilinear dari TiO₂, 10xMnO, dan 10xP₂O₅ menghasilkan kesimpulan berkaitan dengan tektonik *island arc tholeiitic* dan *island arc calc-alkali basalt*. Hasil analisis asal magma yang didasarkan pada unsur jejak diagram trilinear 2xNb', Zr/4, dan Y juga hasilnya tidak berbeda jauh, yaitu berhubungan dengan tatanan tektonik *within plate tholeiites and volcanic arc basalt* dan *N-type MORB and volcanic arc basalt*.
4. Hasil perhitungan mineral normatif, semua sampel tidak silika karena hanya mengandung SiO₂ ±10% saja bahkan pada beberapa sampel tidak dijumpai. Mineral yang selalu muncul adalah plagioklas, hyperstene, dan diopside. Berdasarkan perhitungan CIPW Norm juga batuan Gunung Galunggung terentuk pada suhu ±1078°C - 1240 °C dan berat jenis batuan ±2,86 gram/cm³ – 3,02 gram/cm³.
5. Diagram laba-laba dari unsur jejak memperlihatkan adanya anomali negatif dari unsur Nb, Sr, dan Zr dimana Nb mencirikan bahwa batumannya berhubungan dengan tatanan tektonik *volcanic arc* sedangkan anomali positif diperlihatkan oleh unsur Pb, Th, dan Ce.

Acknowledgements

Kami mengucapkan terimakasih kepada Bapak Sutarto selaku dosen pembimbing yang telah memberi banyak masukan dan bimbingan, dan Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) Yogyakarta, keluarga serta teman-teman kami yang selalu memberi dukungan untuk kami.

Daftar pustaka

- Anshori, Chusni. (2007). *Petrogenesis Basalt Sungai Medana Karangsembung, Berdasarkan Analisis Geokimia*. Kebumen. *Jurnal Geologi dan Pertambangan* Jilid 17 No. 1 p 37-50.
- Bronto, Sutikno. (1989). *Volcanic Geology of Galunggung, West Java, Indonesia (Thesis)*. Christchurch (New Zealand). University of Canterbury.
- Chen, Z.W., Walter, M.G., dan Huapeng H. (2008). *High Definition X-Ray Fluorescence: Principle and Techniques*. New York. *X-Ray Optics and Instrumentation Volume 2008*. p.1-10.
- Frisch, W., Meschede, M., Ronald, B. (2011). *Plate Tectonic: Continental Drift and Mountain Building*. London. Springer.
- Gerbe, Marie-Christine., et al. (1992). *Mineralogical and Geochemical Evolution of The 1982-1983 Galunggung Eruption (Indonesia)*. Berlin. Bull Vulcanol by Springer-Verlag 1992 Vol. 54 p. 284-298.

- Hutabarat, Johannes. (2006). *Interpretasi Geokimia Unsur Utama dan Jejak Kompleks Vulkanik Gunung Pongkor Kabupaten Bogor, Jawa Barat*. Jatinangor. Lab Geokimia dan Geothermal, Jurusan Geologi, Universitas Padjajaran.
- Oba, Noboru., et al. (1983). *Geochemical Study of Some Volcanic Products From Galunggung Volcano, West Java, Indonesia*. Kagoshima. Rep. Fac. SCI., Kagoshima Univ. (Earth Sci. & Biol.) No.16 p.1-20.
- Peccerillo, A. dan S.R Taylor. (1976). *Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from The Kastamonu Area, Northern Turkey*. Canberra. Contributions Mineralogy and Petrology by Springer-Verlag 1976 Vol. 58 p.63-81.
- Pratama, M. A dan Giri Y.P. (2015). *X-Ray Fluorescence*. Depok. Universitas Indonesia.
- Rollinson, Hugh. R. (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Edinburgh. Pearson Education Limited.
- Rosana, M.F., Beta K., dan Heryadi R. (2015). *Petrogenesis Lava Gunung Rinjani Sebelum Pembentukan Kaldera*. Yogyakarta. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 p. 281 – 280.
- Rosana, M.F., Heryadi R., dan Sahala M. (2015). *Petrogenesis Batuan Lava Gunung Barujari dan Gunung Rombongan, Kompleks Gunung Rinjani*. Yogyakarta. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 p. 499 – 506.
- Smith, Ian E.M., Tim J. Worthington., dan John A. Gamble. (1997). *Primitive Magmas in Arc-Type Volcanic Associations: Examples From The Southwest Pacific*. Ottawa. The Canadian Mineralogist Vol. 35 p. 257-273.
- Warmada, I Wayan dan Titi Hapsari. (2015). *Petrogenesis dan Proses Pelapukan Batuan Penyusun Candi Prambanan Berdasarkan Analisis Petrografi dan Geokimia*. Yogyakarta. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 p. 754-767.
- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach*. Dordrecht. Springer.
- Yuwono, Y.S. (2004). *Pengantar Petrogenesis*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.

Tabel 1 Hasil analisis unsur utama sampel dengan XRF

Keterangan Sampel	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
No. 34 (Bukit 10000)	53,51	1	15,95	9,84	0,216	4,56	9,09	3,33	0,62	0,216
No. 33 (Bukit 10000)	55,53	0,82	16,25	7,76	0,162	2,29	8,91	4,13	0,59	0,258
No. 35 (Cibanjara)	54,85	0,73	15,97	8,01	0,162	4,17	8,51	3,64	0,71	0,117
No. 256 (Cibanjara)	56	0,72	16,94	7,86	0,159	3,9	8,07	3,51	0,73	0,119
No. 259 (Cibanjara)	53,92	1,12	17,55	10,11	0,194	4,7	9,15	3,38	0,66	0,203
No. 30 (Cindercone)	48,32	0,86	15,89	10,27	0,18	8,84	11,06	2,31	0,36	0,086
No. 254 (Cindercone)	49,33	0,83	16,66	10,15	0,173	10,39	10,71	2,86	0,36	0,083
No. 255 (Cindercone)	50,35	0,87	16,9	10,35	0,179	10,6	10,83	2,89	0,35	0,081

Tabel 2 Hasil analisis unsur utama sampel dengan data pembandingan Bronto (1989)

Unsur Utama	Analisis XRF		Data Pembandingan (Bronto, 1989)	Analisis XRF			Data Pembandingan (Bronto, 1989)	Analisis XRF			Data Pembandingan (Bronto, 1989)	
	No. 34 (Bukit 10000)	No. 33 (Bukit 10000)		No. 35 (Cibanjara)	No. 256 (Cibanjara)	No. 259 (Cibanjara)		No. 20294 (1982-83 Eruption)	No. 30 (Cindercone)	No. 254 (Cindercone)	No. 255 (Cindercone)	No. 1983L (1982-83 Eruption)
SiO ₂	53,51	55,53	55,02	54,85	56	53,92	56,83	48,32	49,33	50,35	49,33	50,75
TiO ₂	1	0,82	0,71	0,73	0,72	1,12	0,7	0,86	0,83	0,87	0,81	0,8
Al ₂ O ₃	15,95	16,25	18,75	15,97	16,94	17,55	18,34	15,89	16,66	16,9	16,29	16,21
Fe ₂ O ₃	9,84	7,76	7,58	8,01	7,86	10,11	7,75	10,27	10,15	10,35	9,85	9,39
MnO	0,216	0,162	0,17	0,162	0,159	0,194	0,15	0,18	0,173	0,179	0,17	0,15
MgO	4,56	2,29	4,37	4,17	3,9	4,7	3,9	8,84	10,39	10,6	10,02	9,2
CaO	9,09	8,91	8,45	8,51	8,07	9,15	8,13	11,06	10,71	10,83	11,13	10,79
Na ₂ O	3,33	4,13	3,18	3,64	3,51	3,38	3,67	2,31	2,86	2,89	2,24	2,63
K ₂ O	0,62	0,59	0,52	0,71	0,73	0,66	0,76	0,36	0,36	0,35	0,35	0,46
P ₂ O ₅	0,216	0,258	0,19	0,117	0,119	0,203	0,16	0,086	0,083	0,081	0,1	0,11

PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11
PERSPEKTIF ILMU KEBUMIHAN DALAM KAJIAN BENCANA GEOLOGI DI INDONESIA
5 – 6 SEPTEMBER 2018, GRHA SABHA PRAMANA

Tabel 3 Hasil analisis unsur jejak sampel dengan data pembanding Bronto (1989)

Unsur Jejak (ppm)	Analisis XRF		Data Pembanding (Bronto, 1989)	Analisis XRF			Data Pembanding (Bronto, 1989)	Analisis XRF			Data Pembanding (Bronto, 1989)	
	No. 34 (Bukit 10000)	No. 33 (Bukit 10000)	No. 20353 (Caldera Formation)	No. 35 (Cibanjajaran)	No. 256 (Cibanjajaran)	No. 259 (Cibanjajaran)	No. 20294 (1982-83 Eruption)	No. 30 (Cindercone)	No.254 (Cindercone)	No. 255 (Cindercone)	No. 1983L No. 20324 (1982-83 Eruption)	No. 1982-83 (1982-83 Eruption)
Ba	230,2	138,7	129	158,8	250,9	276,2	176	171,7	205	245,3	49	82
Ce	90,3	51,3	-	37,8	42,2	85,5	-	83,7	59,8	81,5	-	-
Cr	18,35	3,4	82	93,07	60,92	22,59	38	525,36	593,59	522,18	272	251
Cu	59	60,2	-	16,8	17,9	69,8	-	77,4	82	68,9	-	-
Dy	4,6	3,8	-	3,82	3,79	4,4	-	4,27	4,13	4,23	-	-
Ga	18,7	18,2	18	17,5	17,4	18,4	19	17,8	17,1	17,6	14	16
Hf	5,32	4	-	3,77	3,76	5,62	-	4,9	4,49	4,65	-	-
Mo	6,07	2,28	-	1,23	1,03	3,94	-	3,59	1,03	2,9	-	-
Nb	10,07	5,08	-	2,82	2,7	9,04	-	5,04	2,19	4,55	-	-
Nd	20,41	15,2	-	13,78	12,38	15,66	-	19,63	13,96	15,62	-	-
Ni	24,98	10,61	29	38,9	22,75	18,98	20	165,24	176,15	164,46	139	110
Pb	12,41	10,28	8	13,25	20,28	17,64	9	11,99	8,02	13,14	4	5
Pr	3,84	4,3	-	4,13	5,8	12,06	-	3,5	9,54	12,69	-	-
Rb	12,93	7,75	16	14,18	15,45	15,44	18	7,55	6,04	8,05	7	9
Sr	274,9	295,1	329	256	261,3	259,3	273	218,2	202,5	217,1	213	227
Sc	29,48	25,72	-	25,81	24,16	31,74	17	38,76	37,03	37,82	38	-
Th	11,88	6,77	-	5,22	6,44	11,72	-	10,79	7,3	9,35	-	-
U	1,88	1,56	-	1,43	1,42	1,88	-	1,8	1,56	1,8	-	-
V	258,5	195,1	261	192,5	146,2	241,1	152	246	193,3	202,3	272	251
Y	24,1	21,1	20	18	18,8	23,3	18	18,3	16,8	18,9	18	16
Yb	2,43	2,25	-	2,44	1,99	2,06	-	2,78	2,09	2,16	-	-
Zn	92,5	76	-	77,5	78,2	90,9	-	77,6	73,8	79	-	-
Zr	123,8	108,7	86	89,2	93	114,4	86	60,8	57,3	60,9	49	46
Co	39,78	33,04	-	41,46	37,56	42,12	-	58,28	51,49	51,24	-	-

Tabel 4 Hasil analisa EDX

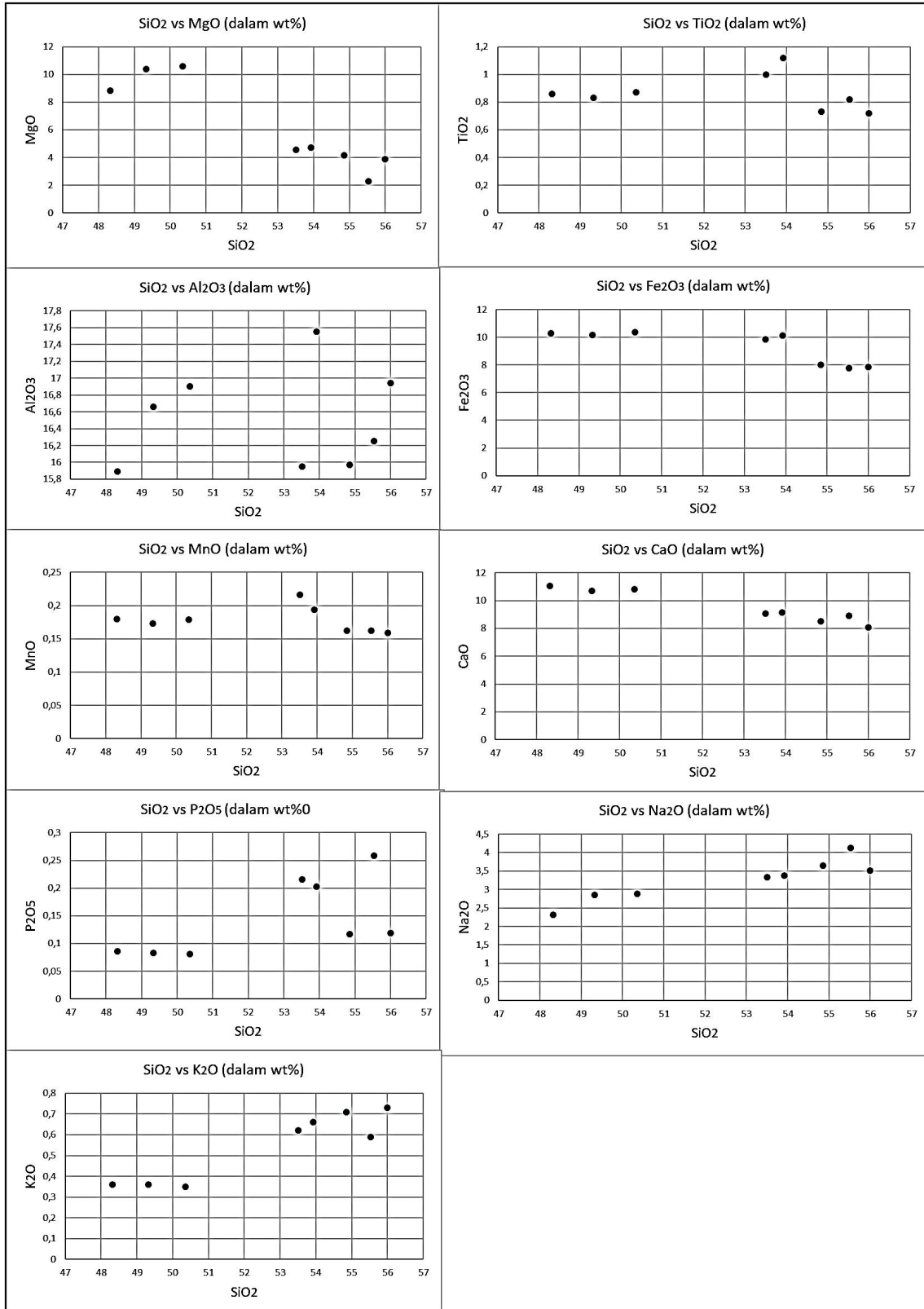
Hasil analisis EDX sampel No. 34 (Formasi Tasikmalaya) dalam wt%								
Spectrum Label	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Fe
1	60,44	9,23	0,84	18,93	7,66	0,17		2,73
2	60,48	8,97	1,12	18,81	7,48	0,17	0,14	2,83
3	60,48	9,66	0,81	18,9	6,96	0,13		3,06
4	60,86	13,57		18,91	0,84		0,21	5,61
5	60,78	14,08	0,45	18,8	0,66		0,17	5,07
6	60,74	14,1	0,55	18,56	0,74	0,12	0,14	5,05
Hasil analisis EDX sampel No. 98 (Columnar Joint) dalam wt%								
Spectrum Label	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Fe
1	60,61	9,32	0,86	18,72	6,39	0,21	0,16	3,71
2	61,04	12,56	0,22	19,32	1,54			5,31
3	60,69	9,41	0,74	18,98	6,31	0,19		3,69
4	60,61	9,79	0,84	18,9	6,01	0,14	0,17	3,53
5	60,85	13,33		19,08	1,3		0,2	5,25
6	60,02	10,05	0,3	18,95	6,01		0,2	4,53
Hasil analisis EDX sampel No. 254 (Cinder Cone) dalam wt%								
Spectrum Label	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Fe
1	62,82	5,96	0,56	11,42	4,4	0,11		1,77
2	63,55	4,55	0,73	8,97	3,77	0,1		1,34
3	60,83	14,09	0,7	18,69	0,6	0,14		4,95
4	60,49	9,14	1,14	18,88	7,43	0,15		2,77
5	61,34	11,56		20,3	1,85		0,18	4,76
6	60,91	12,21		18,27	1,59	0,32	0,22	6,49

Tabel 5 Hasil analisis mineral
normatif

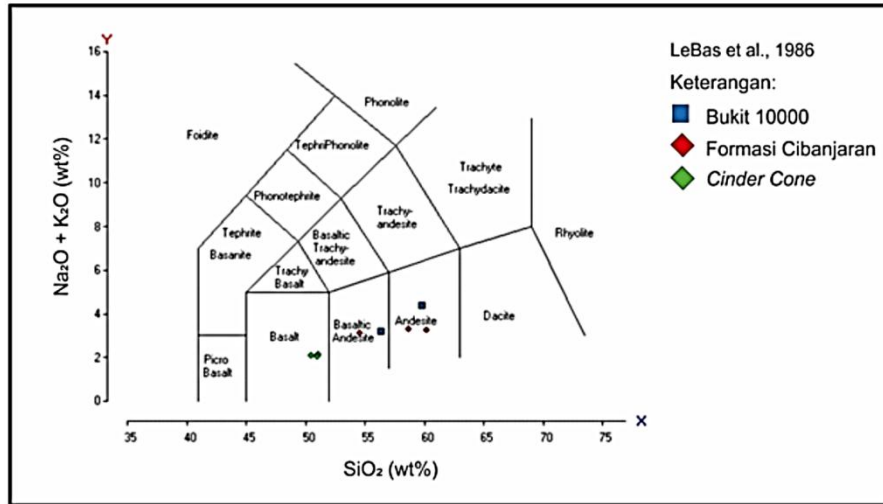
PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11
PERSPEKTIF ILMU KEBUMIHAN DALAM KAJIAN BENCANA GEOLOGI DI INDONESIA
5 – 6 SEPTEMBER 2018, GRHA SABHA PRAMANA

Mineral Normatif	Sampel Batuan							
	No. 34 (Bukit 10000)	No. 33 (Bukit 10000)	No. 35 (Cibangjuran)	No. 256 (Cibangjuran)	No. 259 (Cibangjuran)	No. 30 (Cinder Cone)	No. 254 (Cindercone)	No. 255 (Cindercone)
Quartz	9,77	11,46	10,36	12,38	12,38	1,67	-	-
Plagioclase	54,92	59,00	55,94	58,01	58,01	51,47	55,76	56,56
Orthoclase	3,66	3,49	4,2	4,31	4,31	2,13	2,13	2,07
Nepheline	-	-	-	-	-	-	-	-
Leucite	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalsilite	-	-	-	-	-	-	-	-
Corundum	-	-	-	-	-	-	-	-
Diopside	11,19	12,30	11,24	7,1	7,1	15,78	14,83	14,77
Hypersthene	6,17	-	5,18	6,42	6,42	14,71	11,02	12,67
Wollastonite	-	0,19	-	-	-	-	-	-
Olivine	-	-	-	-	-	-	5,59	4,83
Larnite	-	-	-	-	-	-	-	-
Acmite	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ SiO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SiO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
Rutile	-	-	-	-	-	-	-	-
Ilmenite	0,51	0,36	0,36	0,36	0,36	0,41	0,38	0,41
Magnetite	-	-	-	-	-	-	-	-
Hematite	9,84	7,76	8,01	7,86	7,86	10,27	10,15	10,35
Apatite	0,51	0,60	0,28	0,28	0,28	0,21	0,19	0,19
Zircon	-	-	-	-	-	-	-	-
Perovskite	-	-	-	-	-	-	-	-
Chromite	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphene	1,79	1,54	1,32	1,3	1,3	1,59	1,54	1,61
Pyrite	-	-	-	-	-	-	-	-
Halite	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorite	-	-	-	-	-	-	-	-
Anhydrite	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcite	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	98,36	96,7	96,89	98,02	98,02	98,24	101,59	103,46
Densitas (g/cm ³)	2,93	2,86	2,88	2,87	2,92	3,02	3,01	3,01
Suhu (C)	1133	1078	1092	1083	1151	1129	1240	1238

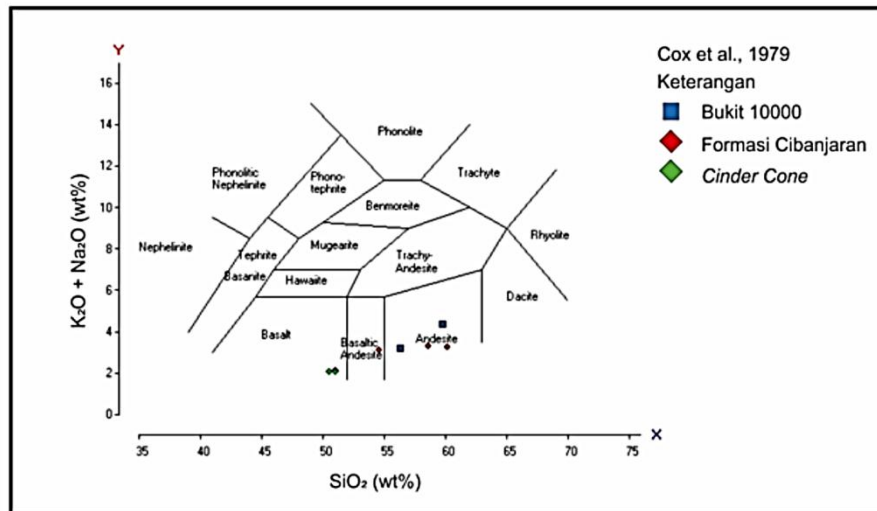
PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11
PERSPEKTIF ILMU KEBUMIHAN DALAM KAJIAN BENCANA GEOLOGI DI INDONESIA
5 – 6 SEPTEMBER 2018, GRHA SABHA PRAMANA



Gambar 1 Diagram harker sampel batuan Gunung Galunggung

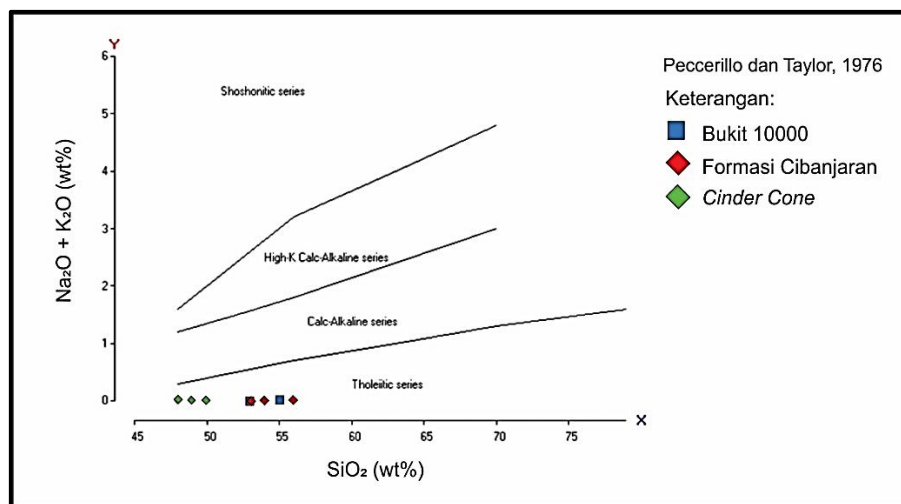


Hasil *plotting* sampel pada diagram TAS LeBas., (1989)



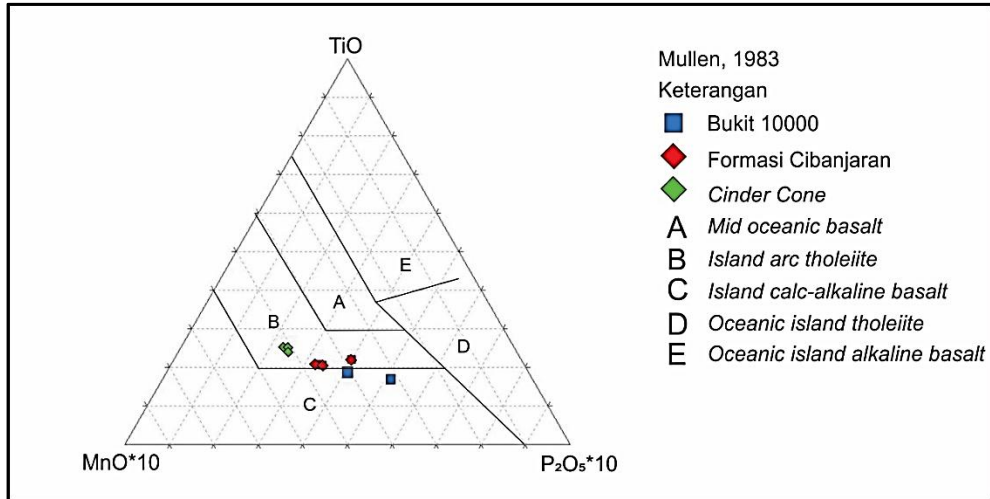
Hasil *plotting* sampel pada diagram TAS Cox et al., (1979)

Gambar 2 Jenis Batuan Berdasarkan Unsur Utama

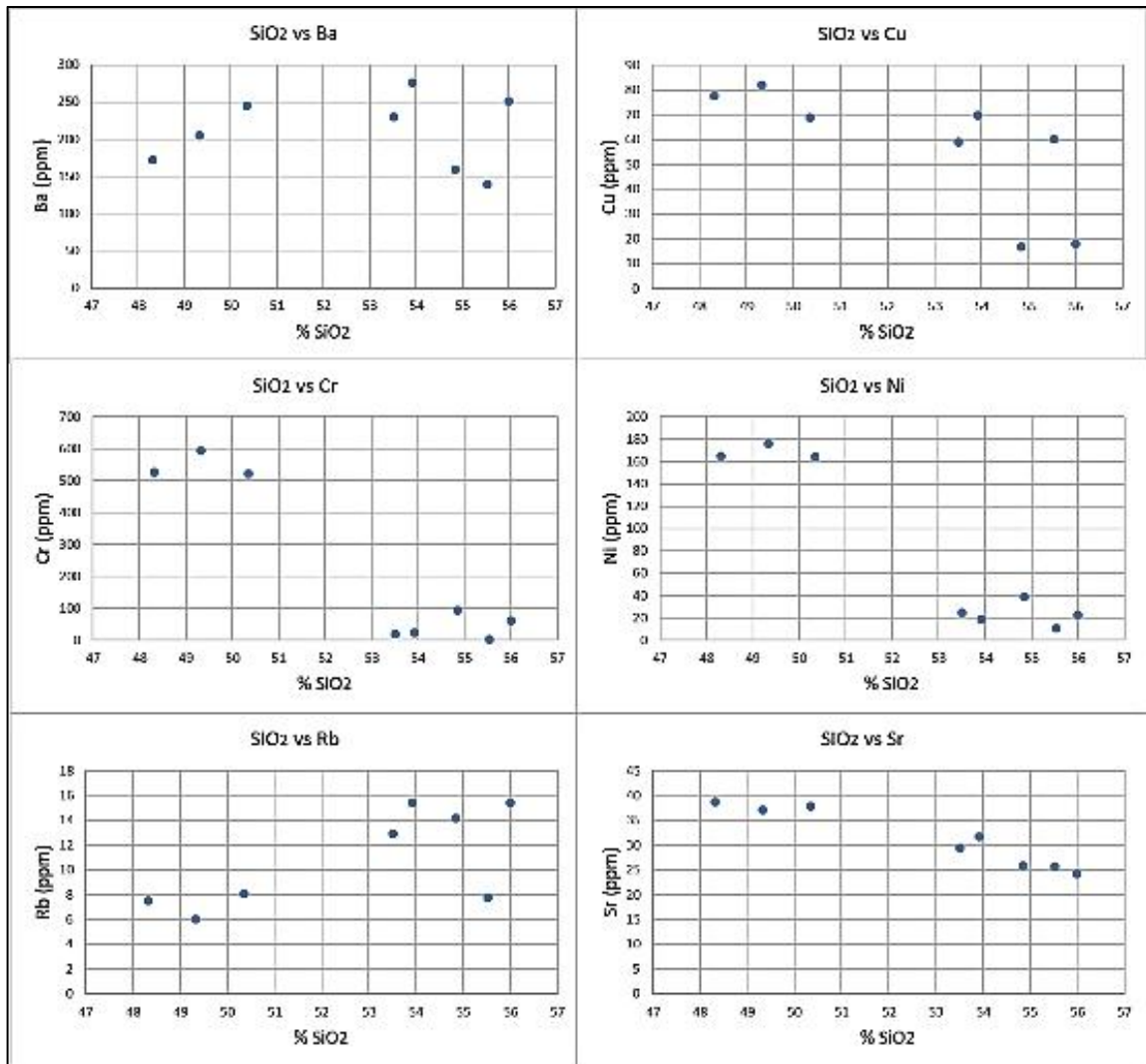


Gambar 3 Hasil *plotting* penentuan afinitas magma (Peccerillo dan Taylor, 1976)

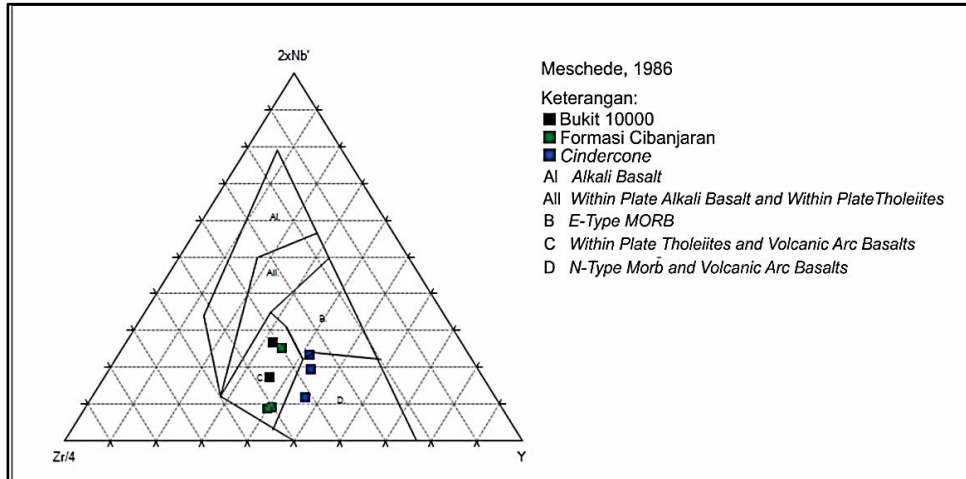
PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11
PERSPEKTIF ILMU KEBUMIHAN DALAM KAJIAN BENCANA GEOLOGI DI INDONESIA
5 – 6 SEPTEMBER 2018, GRHA SABHA PRAMANA



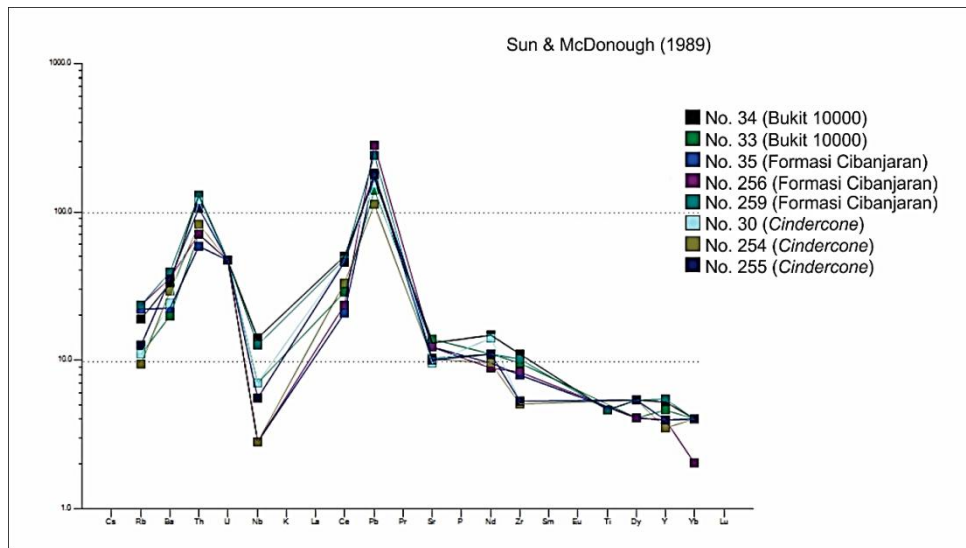
Gambar 4 Hasil plotting penentuan asal magma berdasarkan Mullen, 1983



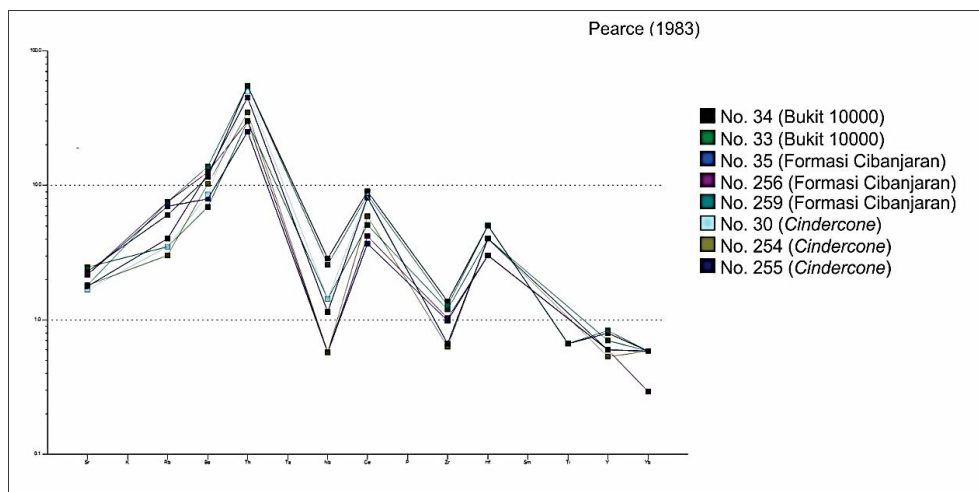
Gambar 5 Variasi diagram SiO₂ dengan unsur jejak



Gambar 6 Hasil plotting asal magma berdasarkan Meschede, 1986



Gambar 7 Hasil plotting spider diagram Primitive Mantle (Sun & McDonough, 1989)



Gambar 8 Hasil plotting spider diagram normalisasi MORB (Pearce, 1983)