

MINERALOGI MATRIKS BREKSI GUNUNG API PLISTOSEN AKHIR - KUARTER BERDASARKAN DATA XRD DI DAERAH LOMBOK TIMUR, NUSA TENGGARA BARAT

S. Maryanto, R. Hasan, dan D.A. Siregar

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122

SARI

Batuan gunung api Plistosen Akhir hingga Kuartar yang termasuk ke dalam Formasi Kalipalung, Formasi Kalibabak, dan Formasi Lekopiko tersingkap dengan baik di daerah Lombok Timur dan pada umumnya berupa breksi gunung api. Komponen breksi gunung api penyusun Formasi Kalipalung terdiri atas andesit, andesit porfiri, andesit basalan, basal, dan batuan terubah. Frekuensi kehadiran antara andesit dan basal hampir seimbang. Komponen breksi gunung api penyusun Formasi Kalibabak terdiri atas andesit, andesit porfiri, sangat jarang andesit basalan dan basal. Frekuensi kehadiran andesit sangat menguasai batuan. Komponen breksi gunung api penyusun Formasi Lekopiko terdiri atas batuapung dan sangat jarang andesit, selain berupa pasir dan pasir konglomeratan. Hasil pengujian XRD terhadap percontoh matriks breksi yang dipilih menunjukkan bahwa jenis plagioklas berkembang dari labradorit dan andesin pada Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak menjadi andesin, oligoklas dan albit pada Formasi Lekopiko. Dari formasi tua ke muda, piroksen kuno berkembang menjadi piroksen orto dan akhirnya piroksen tidak hadir. Mineral lempung monmorilonit terawetkan pada formasi yang berumur tua, semakin menghilang pada formasi berumur muda atau digantikan oleh kaolinit. Berdasarkan hasil uji beda yang telah dilakukan tampak bahwa secara umum Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak mempunyai kesamaan dalam ciri-ciri mineralogi. Di pihak lain, perbedaan nyata terjadi antara Formasi Kalipalung dengan Formasi Lekopiko, begitu pula Formasi Kalibabak dengan Formasi Lekopiko.

Kata kunci: Lombok Timur, matriks breksi, mineralogi

ABSTRACT

Late Pleistocene to Quaternary volcanic rock units of the Kalipalung, Kalibabak, and Lekopiko Formations are well cropped out at East Lombok area, composed predominantly of volcanic breccias. The volcanic breccia of the Kalipalung Formation composed of andesite, porphyry andesite, basaltic andesite, basalt, and altered igneous rocks fragments. The frequency of the occurrence of the andesites and basalts is balanced. The volcanic breccia of the Kalibabak Formation composed predominantly of andesite, porphyry andesite, and rarely basaltic andesite and basalt rock fragments. The volcanic breccia of the Lekopiko Formation composed predominantly of pumice and less of andesite rock fragments, as well as sand and conglomeratic sands. XRD analysis of selected volcanic breccias matrix shows that the plagioclase change from labradorite and andesine on the Kalipalung and Kalibabak Formation to andesine, oligoclase and albite on the Lekopiko Formation. From the old to young formations, the orthopyroxene and clinopyroxene change to orthopyroxene, and finally these minerals was disappeared. The clay minerals of montmorillonite commonly preserved on the old formation, it disappeared and replaced by kaolinite in the young formation. Based on the difference test between two means it appears that the Kalipalung and Kalibabak Formations are similar on their mineralogical characters. On the other hand, the Kalipalung Formation has a real difference on the mineralogical character with the Lekopiko Formation, as well as the Kalibabak Formation with the Lekopiko Formations.

Keywords: Earth Lombok, breccias matrix, mineralogy

PENDAHULUAN

Peralatan *X-Ray Diffractometer* (XRD) dapat digunakan untuk identifikasi mineralogi material, termasuk batuan piroklastika secara cepat dan akurat (Klug & Alexander, 1974; Jenkins & Snyder, 1996). Data semikuantitatif hasil uji XRD adalah jenis dan jumlah mineral pembentuk kristal yang dijumpai di dalam suatu percontoh batuan.

Di daerah Lombok Timur dijumpai beberapa satuan batuan gunung api Plistosen Akhir hingga Kuartar yang tersusun oleh breksi gunung api, meliputi Formasi Kalipalung, Formasi Kalibabak, dan Formasi Lekopiko (Andi Mangga dr., 1994). Penelitian komponen mineralogi pada matriks breksi gunung api ketiga satuan batuan tersebut belum pernah dilakukan, sehingga menjadi suatu topik yang

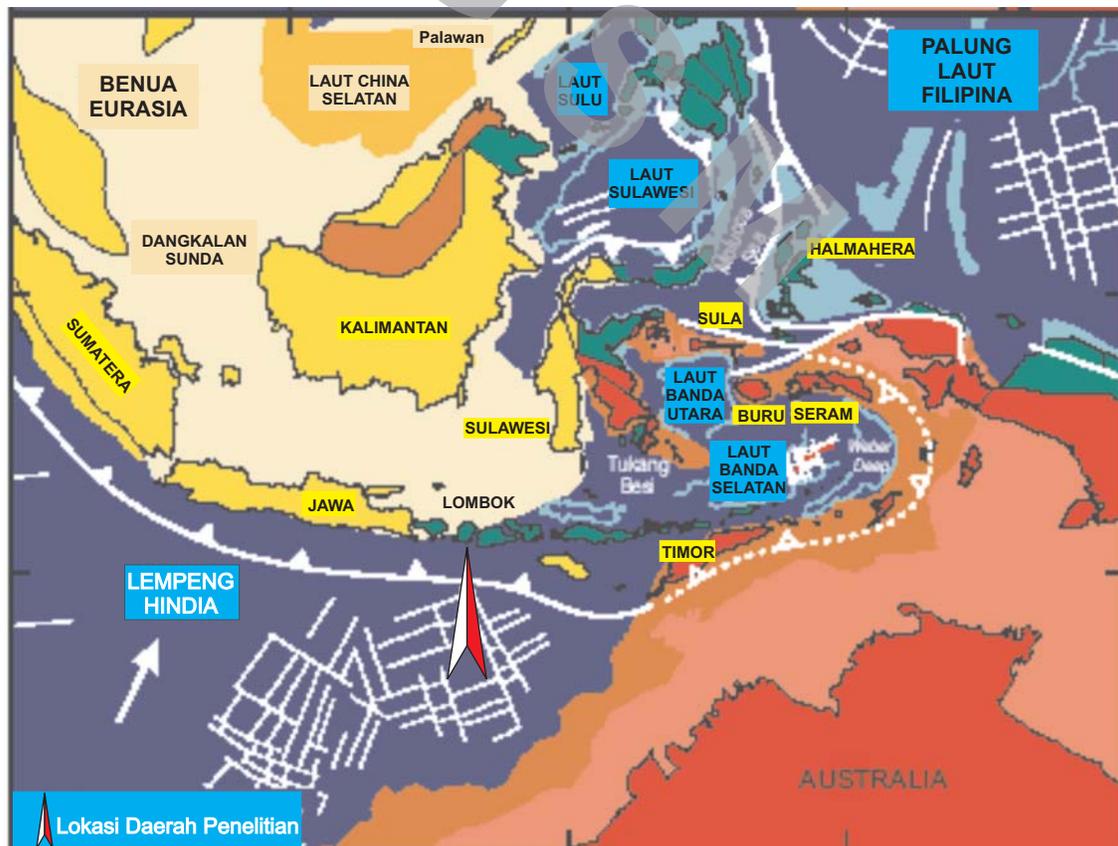
menarik untuk diteliti. Data lapangan yang dipakai sebagai bahan pengujian merupakan data sekunder (Hasan drr., 2007), sedangkan pengujian dan analisis mineralogi XRD merupakan pengembangan dari penulis. Secara administratif, lokasi penelitian lapangan yang dilaksanakan pada tahun 2007 (Hasan drr., 2007), berada di wilayah Kabupaten Lombok Timur dan sekitarnya, Provinsi Nusa Tenggara Barat (Gambar 1), yang dibatasi oleh koordinat $116^{\circ}20'$ - $116^{\circ}40'$ Bujur Timur dan $08^{\circ}30'$ - $08^{\circ}50'$ Lintang Selatan.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan jumlah komponen mineralogi matriks breksi gunung api dalam Formasi Kalipalung, Formasi Kalibabak, dan Formasi Lekopiko, berdasarkan data pengujian XRD di laboratorium. Lebih lanjut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan dan perkembangan jenis mineral yang terkandung di dalam tiga satuan batuan gunung api tersebut.

Metodologi

Untuk mencapai tujuan penelitian tersebut, metode penelitian yang digunakan adalah pengambilan data lapangan, diikuti dengan pengujian XRD di laboratorium. Kegiatan lapangan dilakukan dengan pengumpulan data geologi di lokasi pengamatan terpilih, khususnya difokuskan pada breksi gunung api Formasi Kalipalung, Formasi Kalibabak, dan Formasi Lekopiko. Pengambilan percontoh dilakukan secara acak pada ketiga satuan batuan yang telah ditentukan tersebut. Pekerjaan laboratorium merupakan kunci utama penelitian ini, meliputi penyiapan peralatan laboratorium beserta kelengkapannya, penyiapan dan preparasi percontoh untuk pengujian, pembuatan dan pengambilan data uji laboratorium, analisis dan interpretasi data uji, verifikasi data, serta pembahasan hasil pengujian dan aspek geologi.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian yang berada di Pulau Lombok dalam kerangka geologi regional Indonesia (Hall, 2001).

Hipotesis

Sesuai dengan umur satuan batuan yang berbeda, tentunya telah terjadi proses pengendapan batuan dengan kandungan jenis dan jumlah mineral yang berbeda. Uji XRD akan membuktikan sejauh mana perbedaan dan hubungan dua atau lebih variabel yang bersifat multivariat (Arikunto, 1990), jumlah dan jenis mineral berbentuk kristal yang terkandung di dalam Formasi Kalipalung, Formasi Kalibabak, dan Formasi Lekopiko. Jumlah dan jenis mineral berbentuk kristal yang terkandung di dalam batuan, selain akibat mekanisme pengendapan batuan, juga terpengaruh oleh proses ubahan. Namun demikian, aspek ini tidak dibahas di dalam penelitian ini.

GEOLOGI UMUM

Penyelidikan geologi pertama kali di Lombok dilakukan oleh Heek (1909), dan Bemmelen (1949). Dalam rangka penyediaan air di Pulau Lombok, Dirjen Pengembangan Air, Departemen Pekerjaan Umum, bekerja sama dengan konsultan Kanada (Blown, 1976) melakukan penelitian air. Penyelidikan geologi untuk data bahan galian telah dilaksanakan oleh Kanwil DPE di Mataram (Suratno, 1985). Sejak tahun 1987 kegiatan eksplorasi emas dan mineral ikutan lainnya dilakukan oleh PT. Newmont. Hall (2001) dan Hall & Wilson (2000) menyatakan bahwa Pulau Lombok merupakan wilayah busur gunung api sejak Paleogen. Sundhoro dr. (2000) telah meneliti potensi geotermal di daerah Lombok, khususnya di wilayah Sembalun Bumbung. Batuan penyusun Formasi Lekopiko juga dibahas di dalam penelitian geotermal ini. Widhiyatna dr. (2007) telah melakukan penyelidikan geokimia regional di Pulau Lombok dan Sumbawa, akan tetapi pembahasannya terbatas pada batuan gunung api Paleogen.

Kegiatan pemetaan geologi bersistem berskala 1:250.000 telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (Andi Mangga dr., 1994; Gambar 2). Tataan stratigrafi satuan batuan yang ada di daerah kegiatan dibuat dengan mengacu kepada peta geologi hasil pemetaan geologi bersistem tersebut. Satuan batuan yang tersingkap di Lembar Lombok terdiri atas batuan gunung api, batuan sedimen dan batuan terobosan yang umurnya berkisar dari Tersier sampai Kuartar. Satuan batuan tertua yang teringkap adalah Formasi Pengulung (Tomp) yang terdiri atas breksi, lava, dan tuf dengan lensa batugamping yang mengandung bijih sulfida dan

urat kuarsa, berumur Oligosen Akhir - Miosen Awal. Selanjutnya, satuan batuan tersebut di atas tertindih tak selaras oleh Kelompok Batuan Gunung Api Lombok yang umurnya berkisar antara Pliosen Akhir sampai Plistosen Awal. Kelompok ini terdiri atas Formasi Kalipalung (TQp) yang mempunyai Anggota Selayar (TQs), Formasi Kalibabak (TQb), dan Formasi Lekopiko (Qvl). Kelompok Batuan Gunung Api Lombok tertindih tak selaras oleh Batuan gunung api Tak Terpisah (Qhv) yang berumur Kuartar dan diduga bersumber dari Gunung Pusuk (p), Gunung Nangi (n), dan Gunung Rinjani (r). Satuan batuan termuda adalah aluvium, yang menempati pantai timur Pulau Lombok.

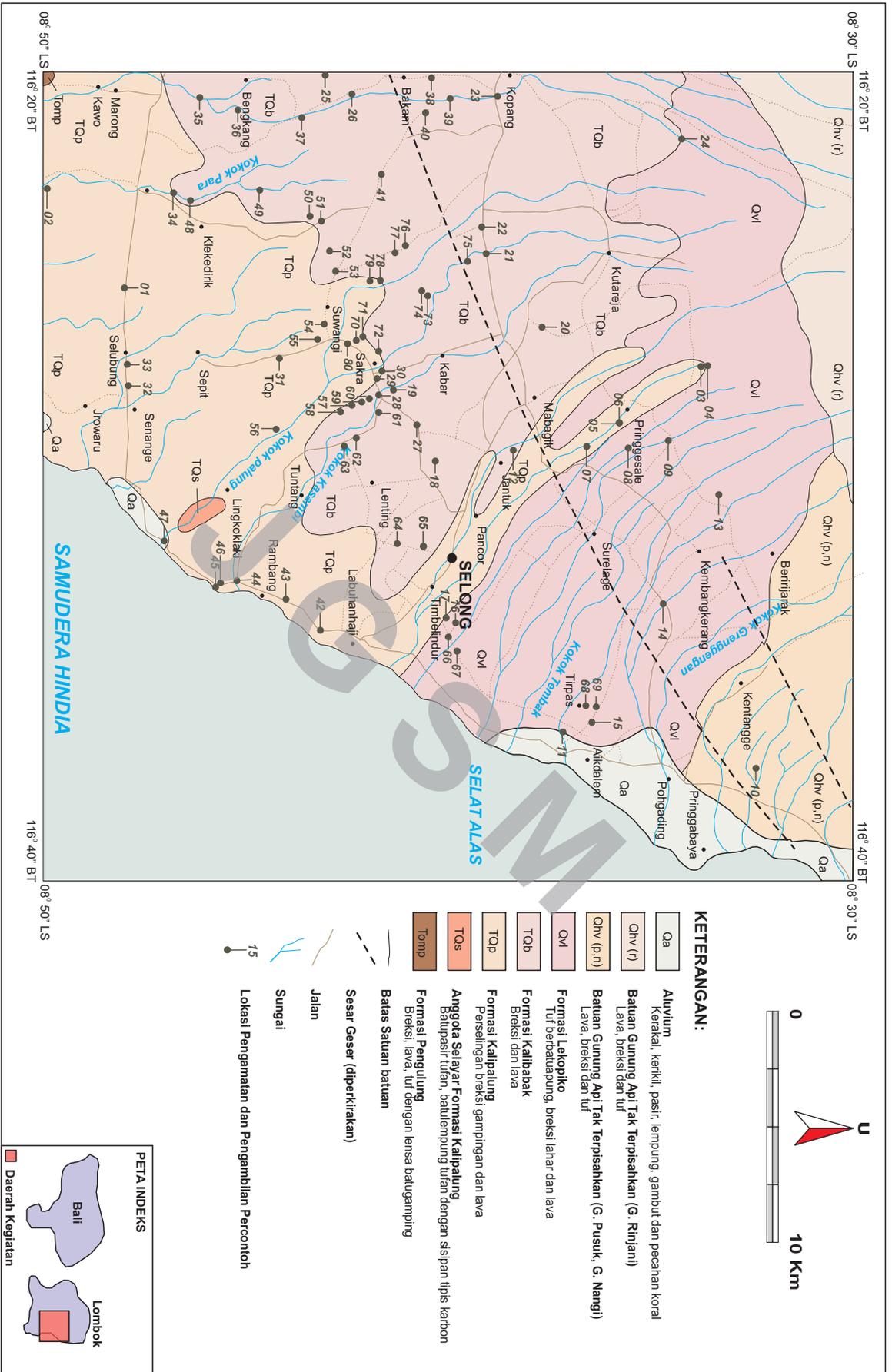
DATA LAPANGAN

Kegiatan lapangan dilakukan dengan melakukan pengambilan percontoh batuan, khususnya terhadap Formasi Kalipalung (TQp), Formasi Kalibabak (TQb), dan Formasi Lekopiko (Qvl). Pengamatan dan pengambilan percontoh dilakukan secara acak (*random sampling*), di semua wilayah sebaran ketiga satuan batuan tersebut (Hasan dr., 2007; Gambar 2).

Formasi Kalipalung

Secara umum berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, Formasi Kalipalung (TQp) terdiri atas perselingan breksi gampingan dan lava. Singkapan batuan kebanyakan dijumpai di sekitar sungai hingga daerah pasang surut pantai tenggara Pulau Lombok, serta di beberapa tempat di permukaan perbukitan bergelombang. Sebanyak tiga puluh percontoh matriks breksi gunung api telah diambil dari formasi ini.

Breksi gunung api penyusun Formasi Kalipalung secara umum bertekstur piroklastika aliran atau merupakan endapan lahar. Beberapa kekar gerus dan kekar tarik hadir di dalam singkapan yang telah terisi oleh kalsit. Batuan terpilah sangat buruk dengan beberapa fragmen yang berukuran sangat besar mengambang. Batuan berkemas tertutup dan terduduk fragmen yang berbentuk sangat meruncing hingga meruncing tanggung. Ukuran fragmen sangat beragam hingga mencapai lebih dari 2 m, sering berukuran 5 - 50 cm. Komponen fragmen ini terdiri atas andesit, andesit porfiri, andesit basalan, basal, dan batuan terubah. Persentase kehadiran antara andesit dan basal hampir seimbang.



Gambar 2. Peta geologi daerah kegiatan yang berada di Lombok Timur (Andi Manga dr., 1994) dan lokasi pengamatan/pengambilan percontoh batuan (Hasan dr., 2007).

Matriks breksi gunung api pada umumnya berukuran pasir sangat kasar dan bersifat agak keras hingga rapuh dapat diremas. Namun demikian, material berukuran lanau hingga lempung masih dijumpai di dalam matriks breksi gunung api tersebut. Fraksi lanau dan lempung semakin menjadi banyak apabila batuan telah terkena proses pelapukan dan ubahan. Beberapa di antara matriks breksi gunung api ini bersifat gampingan, dan diperkirakan berasal dari pengisian rongga dan atau kekar oleh mineral kalsit.

Formasi Kalibabak

Secara umum Formasi Kalibabak (TQb) terdiri atas breksi dan lava. Morfologi perbukitan terjal hingga dataran pantai dibangun oleh satuan batuan ini. Singkapan batuan kebanyakan dijumpai di sekitar sungai hingga di beberapa tempat tampak tersingkap di permukaan perbukitan terjal. Sebanyak tiga puluh empat percontoh matriks breksi gunung api telah diambil dari formasi ini.

Breksi gunung api penyusun Formasi Kalibabak secara umum bertekstur piroklastika aliran atau merupakan endapan laharik. Batuan pada umumnya terpilah sangat buruk dengan beberapa fragmen yang berukuran sangat besar. Batuan mempunyai kemas tertutup dan terdukung fragmen yang berbentuk sangat meruncing hingga meruncing tanggung. Ukuran fragmen sangat beragam hingga mencapai lebih dari 2,5 meter, sering berukuran 5 - 50 cm. Komponen fragmen ini terdiri atas batuan beku andesit yang sangat mengasai batuan, serta sangat jarang andesit basalan dan basal.

Matriks breksi gunung api pada umumnya berukuran pasir sangat kasar dan bersifat agak keras hingga dapat diremas. Material berukuran lanau hingga lempung masih dijumpai di dalam matriks breksi gunung api tersebut. Secara umum matriks breksi gunung api penyusun Formasi Kalibabak lebih mudah diambil dan agak kurang keras apabila dibandingkan dengan matriks breksi gunung api penyusun Formasi Kalipalung.

Formasi Lekopiko

Secara umum Formasi Lekopiko (Qvl) terdiri atas tuf berbatuapung, breksi lahar, dan lava. Satuan batuan ini menempati sebagian wilayah utara daerah kegiatan hingga pantai timur Pulau Lombok. Morfologi perbukitan sangat terjal hingga dataran pantai dibangun oleh satuan batuan ini. Sebanyak

tujuh belas percontoh matriks breksi gunung api dan pasir telah diambil dari formasi ini.

Breksi batuapung penyusun Formasi Lekopiko secara umum bertekstur piroklastika aliran hingga epiklastika. Endapan pada umumnya terpilah sangat buruk, mempunyai kemas tertutup dan terdukung fragmen yang berbentuk meruncing hingga meruncing tanggung. Ukuran fragmen sangat beragam hingga mencapai lebih dari 60 cm, sering berukuran 2 - 20 cm. Komponen fragmen ini sangat dikuasai oleh batuapung dengan berbagai keadaan dari lapuk berat hingga segar, serta sangat jarang andesit. Pasir dan pasir konglomeratan secara umum bertekstur epiklastika. Endapan pada umumnya terpilah buruk hingga sangat buruk dan terdukung matriks. Bentuk fragmen meruncing tanggung hingga membundar tanggung. Ukuran fragmen beragam hingga mencapai lebih dari 20, sering berukuran 2 - 10 cm. Komponen fragmen ini sangat dikuasai oleh batuapung dengan berbagai keadaan dari lapuk berat hingga segar, serta beberapa andesit, andesit porfiri, andesit basalan, basal, dan batuan terubah.

PENGUJIAN XRD

Pekerjaan laboratorium merupakan kunci utama kegiatan penelitian ini, meliputi penyiapan peralatan laboratorium beserta kelengkapannya, penyiapan dan preparasi percontoh untuk pengujian, perekaman data dasar dan data uji, serta analisis dan interpretasi data uji.

Peralatan

Peralatan utama yang digunakan di dalam penelitian ini adalah peralatan *X-Ray Diffraction PANalytical X'Pert PRO PW3040/x0* (Gambar 3). Peralatan lainnya adalah berbagai jenis sample holder, oven digital suhu tinggi, oven pengering percontoh, lumpang dan penggerus percontoh agat, beker glass, kaca preparat, tisu gulung, spatula, *tool set*, pisau atau silet, kuas halus, lem adesif, gunting, kaca kapiler diameter 0,3-0,5 mm, spatula, senter, gelas plastik, lap kain bersih dan kering, dan air mengalir.

Penyiapan dan Preparasi

Sejumlah delapan puluh satu percontoh matriks breksi gunung api telah diambil dari daerah kegiatan, masing-masing tiga puluh percontoh dari Formasi Kalipalung, tiga puluh empat percontoh dari Formasi Kalibabak, dan tujuh belas percontoh dari Formasi



Gambar 3. Foto peralatan utama untuk Lingkup Pengujian Mineralogi XRD yang berada di Jl. Dr. Junjunan (Terusan Pasteur), Bandung.

Lekopiko. Penyiapan percontoh diawali dengan mengeringkan percontoh pada oven suhu rendah untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam batuan. Pekerjaan berikutnya adalah mengayak percontoh untuk mendapatkan fraksi paling halus, yaitu lebih halus daripada 200 mesh atau $<0,062$ mm. Fraksi berukuran paling halus ini diperlukan dengan harapan dapat mewakili seluruh komponen mineral yang terkandung di dalam matriks breksi gunung api tersebut.

Guna mendapatkan data uji XRD, preparasi percontoh dilakukan dengan metode preparasi percontoh terputar, meskipun secara teknis proses pengerjaannya sedikit lebih sulit. Dengan metode preparasi ini diharapkan seluruh komponen mineral yang terkandung di dalam fraksi halus tersebut semuanya dapat terekam pada saat pengambilan data XRD. Proses pengerjaan preparasi pada tempat percontoh terputar ini dilakukan bersamaan secara bergantian dengan proses perekaman data XRD.

Perekaman Data Uji

Proses perekaman data uji XRD dilakukan dengan bahan uji fraksi terDalus percontoh matriks breksi gunung api yang telah dipisahkan dengan saringan. Percontoh uji ini diletakkan di dalam *sample holder* terputar (Gambar 4). Proses perekaman data dilakukan segera sesudah dan secara bergantian dengan proses preparasi percontoh. Parameter pengukuran data spektrum XRD yang ditetapkan untuk kegiatan ini meliputi: sudut awal 2-theta: 30, sudut akhir 2-theta: 400, step pengukuran 2-theta: 0,0170, ukuran slit: 10, tegangan: 40kV, arus: 30 mA, dan diameter goniometer: 240 mm.

Interpretasi Data Uji

Proses interpretasi diawali dengan penghalusan (*smoothing*) data spektrum XRD, dan dilanjutkan dengan penghilangan (*stripping*) unsur k-alpha2. Penentuan *peak* dilakukan dengan hati-hati, yaitu dengan cara memilih dan merubah parameter-parameter yang ditampilkan oleh *software*. Penentuan nama mineral khususnya jenis plagioklas menjadi prioritas utama, karena mineral ini cukup dominan kehadirannya dan menjadi pembeda antara percontoh yang satu dengan percontoh lainnya. Selanjutnya dilakukan penentuan jenis mineral lain, seperti mineral mafik, mineral karbonat, zeolit, klorit, dan mineral lempung. Selain menggunakan *database* mineral yang telah tersedia, proses interpretasi juga didasarkan pada kelaziman asosiasi mineral yang terbentuk di alam. Beberapa ahli yang telah mengulas tentang asosiasi mineral, berkaitan dengan metode identifikasi XRD antara lain: Franzen (2002), Jenkins & Snyder (1996), Klug & Alexander (1974), Menking dr. (2001), Moore & Reynolds Jr. (1989), dan Poppe dr. (2001).

Setelah proses interpretasi dianggap benar dan tidak ada perubahan lagi, maka data tersebut disimpan dalam *file microsoft word* agar mudah dikopi ke dalam laporan hasil uji. Penyimpanan ke dalam *file* ini dilakukan dengan berbagai tampilan gambar *spektrum* dan *peak* XRD yang telah diinterpretasi (Gambar 5). Parameter yang ditampilkan di dalam gambar *spektrum* hasil uji XRD adalah panjang gelombang *peak* (angstrom), sudut *peak* (2-theta), dan nama mineral teridentifikasi. Interpretasi yang dilakukan adalah interpretasi yang bersifat kualitatif, karena prioritas kegiatan ini adalah untuk mengidentifikasi seluruh mineral yang terkandung di dalam matriks breksi gunung api.



Gambar 4. Posisi percontoh pada tempat percontoh (*sample holder*) terputar pada dudukan percontoh (*sample stage*) saat perekaman data uji.

VERIFIKASI DATA

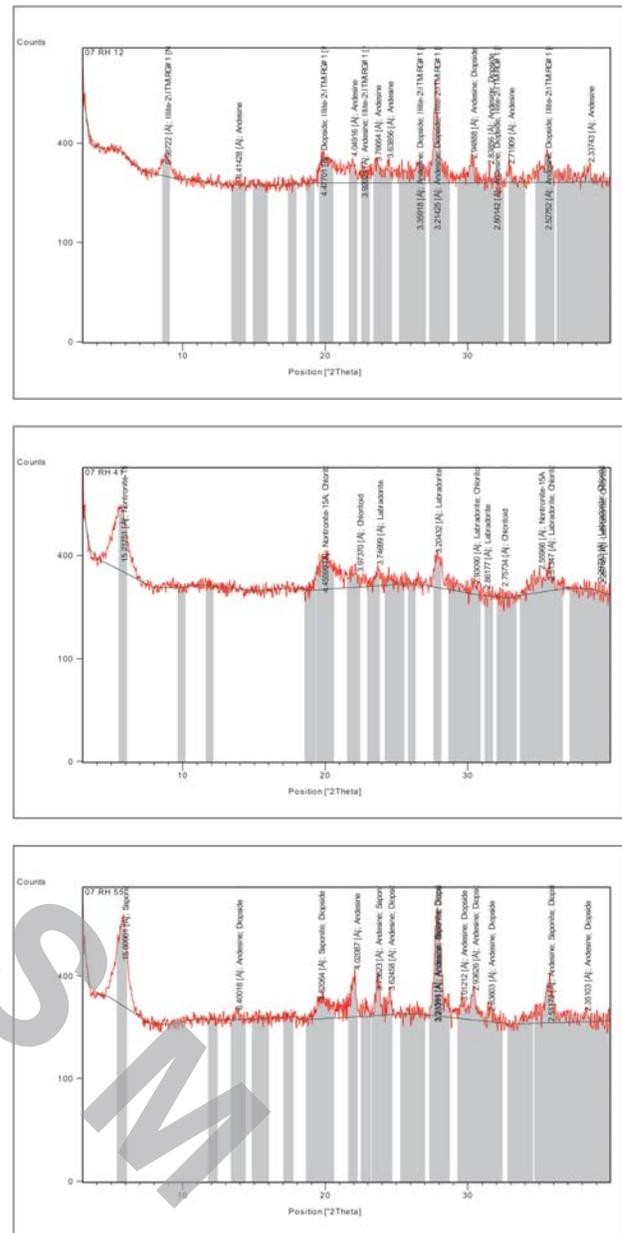
Pembahasan yang dilaporkan di dalam kegiatan ini meliputi tabulasi dan pengujian statistik, serta pembahasan mengenai proses pengujian laboratorium secara menyeluruh, dan kaitannya dengan keadaan percontoh batuan di lapangan. Pengujian XRD yang telah dilakukan menghasilkan beragam jenis mineral, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabulasi Hasil Uji

Hasil uji XRD percontoh matriks breksi gunung api tersebut disusun sesuai dengan mineral yang hadir, ditabulasi untuk diverifikasi dengan metode statistik. Berdasarkan kehadiran mineral yang ada, maka dibuat variabel-variabel data pengujian, meliputi kandungan mineral total, jenis plagioklas, jenis piroksen, dan jenis mineral lempung. Mineral lainnya yang hadir sebagai ikutan tidak ditabulasi pada penelitian ini.

Setelah variabel pengujian ditentukan, maka terhadap masing-masing percontoh yang telah dikelompokkan berdasarkan formasi batuan: 1 untuk Formasi Kalipalung; 2 untuk Formasi Kalibabak; dan 3 untuk Formasi Lekopiko, dibuat pengkodean variabel pengujian (Tabel 2).

Pengkodean komponen mineral total meliputi: 1 apabila hadir plagioklas saja; 2 apabila hadir plagioklas dan piroksen; 3 apabila hadir plagioklas, piroksen, dan mineral lempung; 4 apabila hadir plagioklas, piroksen, dan mineral karbonat; 5 apabila hadir plagioklas, piroksen, dan klorit; 6 apabila hadir plagioklas, piroksen, dan kuarsa; serta 7 apabila hadir plagioklas dan mineral lain. Pengkodean jenis plagioklas meliputi: 1 apabila plagioklasnya berjenis albit; 2 apabila plagioklasnya berjenis oligoklas; 3 apabila plagioklasnya berjenis andesin; 4 apabila plagioklasnya berjenis labradorit; 5 apabila plagioklasnya berjenis bytownit; serta 6 apabila plagioklasnya berjenis anortit. Pengkodean jenis piroksen meliputi: 1 apabila piroksen tidak hadir; 2 apabila piroksen berjenis orto; 3 apabila piroksen berjenis klino; serta 4 apabila piroksen berjenis orto dan klino. Pengkodean jenis mineral lempung meliputi: 1 apabila mineral lempung tidak ada; 2 apabila mineral lempung diduga montmorilonit; 3 apabila mineral lempung berjenis montmorilonit; 4 apabila mineral lempung berjenis illit; serta 5 apabila mineral lempung berjenis kaolinit. Tabulasi terrinci



Gambar 5. Beberapa percontoh tampilan hasil uji XRD.

komponen mineral lainnya tidak dilakukan karena frekuensi dan intensitas *peak* mineral bersangkutan kurang berarti. Namun demikian, data kehadiran mineral tambahan hasil interpretasi tersebut tetap menjadi bahan pembahasan secara kualitatif.

Tabulasi tersebut dilakukan karena data yang tersedia mempunyai skala ordinal. Dengan demikian verifikasi melalui pengujian statistik nonparametrik merupakan pekerjaan selanjutnya yang paling tepat. Dengan pengujian statistik nonparametrik ini diharapkan dapat ditentukan perbedaan dan tingkat hubungan antarvariabel yang ada.

Pengujian Statistik

Verifikasi data hasil pengujian dilakukan terhadap komponen mineral total, jenis plagioklas, jenis piroksen, dan jenis mineral lempung. Penampakan visual data statistik keseluruhan percontoh yang diuji terlihat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut tampak nilai variabel yang ada terdistribusi normal.

Pengujian pertama adalah korelasi antara pengelompokan formasi batuan, dengan komponen mineral penyusun batuan pada masing-masing formasi tersebut. Pengujian korelasi ini dilakukan sekaligus dengan metode-metode Spearman, Gamma, dan Kendall (Tabel 3). Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa berdasarkan kandungan total mineral, ketiga formasi batuan tersebut relatif sama. Namun demikian, berdasarkan jenis plagioklas yang dijumpai tampak adanya hubungan dengan tingkat keeratan hubungan sedang negatif (nilai gamma -0,5192). Hal ini menunjukkan bahwa plagioklas yang dijumpai semakin asam dari tua ke muda, yaitu dari labradorit menjadi andesin hingga oligoklas dan albit. Berdasarkan jenis piroksen yang ada, terlihat adanya hubungan sedang

negatif (nilai gamma -0,5503). Hal ini menunjukkan bahwa komponen piroksen berkembang dari tua ke muda, yaitu piroksen klino dan orto menjadi piroksen orto hingga piroksen tidak hadir. Berdasarkan jenis mineral lempung yang ada terlihat adanya hubungan sedang negatif (nilai gamma -0,3352). Hal ini menunjukkan bahwa montmorilonit dominan pada umur tua, semakin hilang pada umur muda atau digantikan oleh kaolinit.

Pengujian statistik kedua adalah uji beda antar-formasi batuan. Tiga metode pengujian sekaligus dilakukan, meliputi metode-metode Wald-Wolfowitz, Kolmogorov-Smirnov, dan Mann-Whitney U (Tabel 4, 5, dan 6). Pada hasil pengujian dengan menggunakan ketiga metode tersebut terhadap variabel mineral total, jenis plagioklas, jenis piroksen, dan jenis mineral lempung terlihat bahwa nilainya seimbang. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan tampak bahwa secara umum Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak tidak memperlihatkan adanya perbedaan yang nyata. Di pihak lain, perbedaan yang cukup nyata terjadi antara Formasi Kalipalung dengan Formasi Lekopiko, begitu pula Formasi Kalibabak dengan Formasi Lekopiko.

Tabel 1. Tabulasi Hasil Uji XRD Pada Matriks Breksi Gunung Api Formasi Kalipalung (1), Formasi Kalibabak (2), dan Formasi Lekopiko (3) dari Daerah Lombok Timur dan sekitarnya, NTB.

No. Urut	Kode Percontoh	Satuan Batuan	Mineral Teridentifikasi	No. Urut	Kode Percontoh	Satuan Batuan	Mineral Teridentifikasi
1.	07 RD 01	1	Labradorite, Augite	41.	07 RD 40	2	Andesine, Enstatite, Labradorite, Diopside, + Montmorilonit ?
2.	07 RD 02	1	Labradorite, Augite	42.	07 RD 41	2	Labradorite, Nontronite, Chloritoid, + other Montmorilonit ?
3.	07 RD 03	1	Labradorite, Metahallosyite, Quartz	43.	07 RD 42	1	Labradorite, Diopside, Augite, Andesine, + Montmorilonit ?
4.	07 RD 04	3	Quartz low, Hematite, Albite, Enstatite ferroan	44.	07 RD 43	1	Labradorite, Diopside, Augite, Andesine, + Montmorilonit ?
5.	07 RD 05	1	Andesine, Diopside, Enstatite	45.	07 RD 44	1	Labradorite, Diopside, Augite, Albite low, + Montmorilonit ?
6.	07 RD 06	3	Andesine, Enstatite ferroan	46.	07 RD 45	1	Andesine, Augite, Diopside, + Montmorilonit ?
7.	07 RD 07A	3	Andesine, Dolomite, Magnesite, Enstatite	47.	07 RD 46	1	Labradorite, Diopside, Augite, Andesine
8.	07 RD 07B	3	Albite calcian low	48.	07 RD 47	1	Andesine, Diopside
9.	07 RD 08	3	Andesine	49.	07 RD 48	2	Andesine, Diopside, Dickite, + other Montmorilonite ?
10.	07 RD 09	3	Andesine, Diopside	50.	07 RD 49	2	Andesine, Diopside, Unnamed min., + Montmorilonite ?
11.	07 RD 11	3	Albite high, Siderite, Chloritoid, Muscovite	51.	07 RD 50	2	Labradorite, Diopside, + Montmorilonite ?
12.	07 RD 12	2	Andesine, Diopside, Illite	52.	07 RD 51	2	Labradorite, Diopside, Enstatite ferroan
13.	07 RD 13	3	Albite calcian low, Augite	53.	07 RD 52	2	Andesine, Diopside, Magnesiochloritoid, Phillipsite
14.	07 RD 14	3	Labradorite, Enstatite, Diopside ferroan	54.	07 RD 53	2	Labradorite, Diopside, + Montmorilonite ?
15.	07 RD 15	3	Andesine	55.	07 RD 54	1	Andesine, Augite, Diopside ferroan
16.	07 RD 16	3	Andesine	56.	07 RD 55	1	Andesine, Diopside, Saponite
17.	07 RD 17	1	Labradorite, Augite, Diopside, + Montmorilonit ?	57.	07 RD 56	1	Labradorite, Augite, Diopside, Magnetite, + Montmorilonite ?
18.	07 RD 18	2	Labradorite, Augite, Enstatite, + Montmorilonit ?	58.	07 RD 57	1	Albite calcian ordered, Hallosyite, Calcite manganosan, + Montmorilonite ?
19.	07 RD 19	2	Labradorite, Diopside, Enstatite, + Montmorilonit ?	59.	07 RD 58	1	Albite calcian low, Enstatite, Metahallosyite
20.	07 RD 20	2	Andesine, Diopside, Augite, + Montmorilonit ?	60.	07 RD 59	1	Labradorite, Augite, Diopside, + Montmorilonite ?
21.	07 RD 21	2	Andesine, Diopside ferroan, + Montmorilonit ?	61.	07 RD 60	1	Augite, Diopside, Metahallosyite, Alunite
22.	07 RD 22	2	Andesine, Augite, Diopside, + Montmorilonit ?	62.	07 RD 61	2	Andesine, Augite, Diopside, + Montmorilonite ?
23.	07 RD 23	2	Labradorite, Enstatite, + Montmorilonit ?	63.	07 RD 62	2	Andesine, Augite, Diopside, + Montmorilonite ?
24.	07 RD 24	3	Andesine, Illite sodian	64.	07 RD 63	2	Andesine, Augite, Diopside, Enstatite, + Montmorilonite ?
25.	07 RD 25	2	Labradorite, Augite, + Montmorilonit ?	65.	07 RD 64	2	Andesine, Enstatite, Phillipsite-K, + Montmorilonite ?
26.	07 RD 26	2	Labradorite, Augite	66.	07 RD 65	1	Albite calcian low, Saponite
27.	07 RD 27	2	Andesine, Augite, Enstatite, + Montmorilonit ?	67.	07 RD 66	3	Albite calcian low, Unnamed min., + Montmorilonite ?
28.	07 RD 28	2	Labradorite, Augite, Sanidin, + Montmorilonit ?	68.	07 RD 67	3	Andesine, + Montmorilonite ?
29.	07 RD 29	1	Labradorite, Augite	69.	07 RD 68	3	Andesine, + Montmorilonite ?
30.	07 RD 30	1	Labradorite, Augite, Enstatite, + Montmorilonit ?	70.	07 RD 69	3	Albite calcian low, + Montmorilonite ?
31.	07 RD 31	1	Albite calcian low, Diopside	71.	07 RD 70	1	Andesine, Diopside ferroan, Metahallosyite, Montmorilonite
32.	07 RD 32	1	Labradorite, Diopside, Enstatite, + Montmorilonit ?	72.	07 RD 71	1	Andesine, Diopside ferroan, + Montmorilonite ?
33.	07 RD 33	1	Labradorite, Augite, Enstatite, + Montmorilonit ?	73.	07 RD 72	1	Andesine, Augite, Enstatite, Muscovite, + Montmorilonite ?
34.	07 RD 34	2	Labradorite, Augite, Enstatite, Andesine low, + Montmorilonit ?	74.	07 RD 73	2	Labradorite, Enstatite, Olivine, + Montmorilonite ?
35.	07 RD 35	2	Labradorite, Enstatite, Magnetite, + Montmorilonit ?	75.	07 RD 74	2	Andesine, Diopside ferroan, + Montmorilonite ?
36.	07 RD 36A	2	Andesine, Enstatite, Dickite, + other Montmorilonit ?	76.	07 RD 75	2	Andesine, Augite, Magnetite
37.	07 RD 36B	2	Quartz, Albite high, Acmite-augite, + Montmorilonit ?	77.	07 RD 76	2	Andesine, Diopside, Augite, Phillipsite, + Montmorilonite ?
38.	07 RD 37	2	Labradorite, Enstatite ferroan, Albite calcian low, + Montmorilonit ?	78.	07 RD 77	2	Andesine, Diopside, Metahallosyite, Rutile, + Montmorilonite ?
39.	07 RD 38	2	Labradorite, Diopside, Enstatite ferroan, + Montmorilonit ?	79.	07 RD 78	1	Andesine, Augite, + Montmorilonite ?
40.	07 RD 39	2	Labradorite, Diopside, Augite, Albite calcian low, + Montmorilonit ?	80.	07 RD 79	1	Labradorite, Diopside, Augite, Metahallosyite, Chloritoid, Chabazite
				81.	07 RD 80	1	Labradorite, Diopside, Augite, Mordenite, + Montmorilonite ?

Tabel 2. Data Pengkodean Percontoh Menurut Karakter Mineral Total, Plagioklas, Piroksen, dan Mineral Lempung yang Teridentifikasi Pada Pengujian XRD

No Urut	Kode percontoh	Formasi	Variabel				No Urut	Kode percontoh	Formasi	Variabel			
			Mineral Total	Plagioklas	Piroksen	Mineral Lempung				Mineral Total	Plagioklas	Piroksen	Mineral Lempung
1.	07 RD 01	1	2	4	3	1	42.	07 RD 40	2	3	3	3	2
2.	07 RD 02	1	2	4	3	1	43.	07 RD 41	1	7	4	1	2
3.	07 RD 03	1	7	4	1	4	44.	07 RD 42	1	3	4	3	2
4.	07 RD 04	3	7	1	2	1	45.	07 RD 43	1	3	4	3	2
5.	07 RD 05	1	2	3	4	1	46.	07 RD 44	1	3	4	3	2
6.	07 RD 06	3	2	3	2	1	47.	07 RD 45	1	3	3	3	2
7.	07 RD 07a	3	3	3	2	1	48.	07 RD 46	1	2	4	3	1
8.	07 RD 07b	3	1	2	1	1	49.	07 RD 47	2	2	3	3	1
9.	07 RD 08	3	1	3	1	1	50.	07 RD 48	2	3	3	3	5
10.	07 RD 09	3	2	3	3	1	51.	07 RD 49	2	3	3	3	2
11.	07 RD 10	-	2	1	3	1	52.	07 RD 50	2	3	4	3	2
12.	07 RD 11	2	7	1	1	1	53.	07 RD 51	2	2	4	4	1
13.	07 RD 12	3	3	3	3	4	54.	07 RD 52	2	7	3	3	1
14.	07 RD 13	3	2	2	3	1	55.	07 RD 53	1	3	4	3	2
15.	07 RD 14	3	2	4	4	1	56.	07 RD 54	1	2	3	3	1
16.	07 RD 15	3	1	3	1	1	57.	07 RD 55	1	3	3	3	3
17.	07 RD 16	1	1	3	1	1	58.	07 RD 56	1	3	4	4	2
18.	07 RD 17	2	3	4	3	2	59.	07 RD 57	1	7	2	1	5
19.	07 RD 18	2	3	4	3	2	60.	07 RD 58	1	2	3	2	5
20.	07 RD 19	2	3	4	3	2	61.	07 RD 59	1	3	4	3	2
21.	07 RD 20	2	3	3	3	2	62.	07 RD 60	2	3	3	3	5
22.	07 RD 21	2	3	3	2	2	63.	07 RD 61	2	3	3	3	2
23.	07 RD 22	2	3	3	3	2	64.	07 RD 62	2	3	3	3	2
24.	07 RD 23	3	3	4	2	2	65.	07 RD 63	2	3	3	4	2
25.	07 RD 24	2	7	3	1	4	66.	07 RD 64	1	7	3	2	2
26.	07 RD 25	2	4	4	3	2	67.	07 RD 65	3	3	3	1	3
27.	07 RD 26	2	2	4	3	1	68.	07 RD 66	3	3	3	1	3
28.	07 RD 27	2	3	3	4	2	69.	07 RD 67	3	3	3	1	2
29.	07 RD 28	1	7	4	4	2	70.	07 RD 68	3	3	3	1	2
30.	07 RD 29	1	2	4	3	1	71.	07 RD 69	1	3	2	1	2
31.	07 RD 30	1	3	4	4	2	72.	07 RD 70	1	3	3	3	3
32.	07 RD 31	1	2	2	3	1	73.	07 RD 71	1	3	3	3	2
33.	07 RD 32	1	3	4	4	2	74.	07 RD 72	2	3	3	4	2
34.	07 RD 33	2	3	4	4	2	75.	07 RD 73	2	7	4	2	2
35.	07 RD 34	2	3	4	4	2	76.	07 RD 74	2	3	3	3	2
36.	07 RD 35	2	4	4	2	2	77.	07 RD 75	2	2	3	3	1
37.	07 RD 36A	3	3	3	2	5	78.	07 RD 76	2	3	3	3	2
38.	07 RD 36B	2	7	1	3	2	79.	07 RD 77	1	7	3	3	5
39.	07 RD 37	2	3	4	2	2	80.	07 RD 78	1	3	3	3	2
40.	07 RD 38	2	3	4	3	2	81.	07 RD 79	1	7	4	3	5
41.	07 RD 39	2	3	4	3	2	82.	07 RD 80	1	7	4	3	2

Keterangan:

Formasi:

1. Formasi Kalipalung
2. Formasi Kalibabak
3. Formasi Lekopiko

Mineral total:

1. Plagioklas
2. Plagioklas, piroksen
3. Plagioklas, piroksen, mineral lempung
4. Plagioklas, piroksen, mineral karbonat
5. Plagioklas, piroksen, klorit
6. Plagioklas, piroksen, kuarsa
7. Plagioklas, mineral lain

Piroksen:

1. Tidak ada
2. Piroksen orto
3. Piroksen klino
4. Piroksen klino dan orto

Plagioklas:

1. Albit
2. Oligoklas
3. Andesin
4. Labradorit

Mineral Lempung:

1. Tidak ada
2. Diduga montmorilonit
3. Montmorilonit
4. Illit
5. Kaolinit

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Tiga Formasi Batuan Dengan Metode Spearman, Gamma, dan Kendall Berdasarkan Komponen Mineral Total, Plagioklas, Piroksen, dan Mineral Lempung Pada Pengujian XRD

Komponen	Valid	Spearman	t(N-2)	p-level	Keterangan
Mineral total	81	-0,0088	-0,0788	0,9373	Sama
Plagioklas	81	-0,3631	-3,4645	0,0008	Beda
Piroksen	81	-0,4175	-4,0849	0,0001	Beda
Mineral Lempung	81	-0,2476	-2,2722	0,0257	Beda

Komponen	Valid	Gamma	Z	p-level	Keterangan
Mineral total	81	0,0029	0,0255	0,9796	Sama
Plagioklas	81	-0,5192	-4,4281	0,0000	Beda
Piroksen	81	-0,5503	-5,0334	0,0000	Beda
Mineral Lempung	81	-0,3352	-3,0164	0,0025	Beda

Komponen	Valid	Kendall	Z	p-level	Keterangan
Mineral total	81	0,0019	0,0255	0,9796	Sama
Plagioklas	81	-0,3351	-4,4281	0,0000	Beda
Piroksen	81	-0,3809	-5,0334	0,0000	Beda
Mineral Lempung	81	-0,2282	-3,0164	0,0025	Beda

Tabel 4. Hasil Perbandingan Dua Formasi Batuan Dengan Metode Wald-Wolfowitz Berdasarkan Komponen Mineral Total, Plagioklas, Piroksen, dan Mineral Lempung Pada Pengujian XRD

a. Formasi Kalipalung vs Formasi Kalibabak

Komponen	N 1	N 2	Mean 1	Mean 2	Z	p-level	Z adjs	p-level	Keterangan
Mineral total	30	34	3,2333	3,6764	1,2966	0,1947	1,1701	0,2419	Sama
Plagioklas	30	34	3,4666	3,4705	-0,4743	0,6352	0,3478	0,7279	Sama
Piroksen	30	34	2,9666	2,8823	0,0316	0,9747	-0,0948	0,9244	Sama
Mineral Lempung	30	34	2,3000	2,2058	-0,2213	0,8247	0,0948	0,9244	Sama

b. Formasi Kalipalung vs Formasi Lekopiko

Komponen	N 1	N 3	Mean 1	Mean 3	Z	p-level	Z adjs	p-level	Keterangan
Mineral total	30	17	3,2333	3,2352	-2,464	0,0137	2,3045	0,0211	Beda
Plagioklas	30	17	3,4666	2,5294	-2,784	0,0053	2,6245	0,0086	Beda
Piroksen	30	17	2,9666	1,7058	-2,144	0,0319	1,9845	0,0471	Beda
Mineral Lempung	30	17	2,3000	1,5294	-1,504	0,1324	1,3445	0,1787	Sama

c. Formasi Kalibabak vs Formasi Lekopiko

Komponen	N 2	N 2	Mean 3	Mean 3	Z	p-level	Z adjs	p-level	Keterangan
Mineral total	34	17	3,6764	3,2352	-2,127	0,0334	1,9676	0,0491	Beda
Plagioklas	34	17	3,4705	2,5294	-1,808	0,0705	1,6485	0,0992	Beda
Piroksen	34	17	2,8823	1,7058	-2,446	0,0144	2,2867	0,0222	Beda
Mineral Lempung	34	17	2,2058	1,5294	-3,722	0,0001	3,5630	0,0003	Beda

Tabel 5. Hasil Perbandingan Dua Formasi Batuan Dengan Metode Kolmogorov-Smirnov Berdasarkan Komponen Mineral Total, Plagioklas, Piroksen, dan Mineral Lempung Pada Pengujian XRD

a. Formasi Kalipalung vs Formasi Kalibabak

Komponen	Max Neg	Max Pos	p-level	Mean 1	Mean 2	SD 1	SD 2	N 1	N 2	Keterangan
Mineral total	-0,2117	0,00	p > .10	3,2333	3,6764	1,5687	1,6090	30	34	Sama
Plagioklas	-0,0666	0,0627	p > .10	3,4666	3,4705	0,6288	0,5066	30	34	Sama
Piroksen	-0,0705	0,1019	p > .10	2,9666	2,8823	0,8087	0,6859	30	34	Sama
Mineral Lempung	-0,1490	0,1490	p > .10	2,3000	2,2058	1,2905	1,0084	30	34	Sama

b. Formasi Kalipalung vs Formasi Lekopiko

Komponen	Max Neg	Max Pos	p-level	Mean 1	Mean 3	SD 1	SD 3	N 1	N 3	Keterangan
Mineral total	-0,1019	0,2352	p > .10	3,2333	1,6090	1,5687	2,2784	30	17	Sama
Plagioklas	0,00	0,4745	p < .025	3,4666	0,5066	0,6288	0,8744	30	17	Beda
Piroksen	0,00	0,6313	p < .001	2,9666	0,6859	0,8087	0,9851	30	17	Beda
Mineral Lempung	0,00	0,3803	p < .10	2,3000	1,5294	1,2905	0,8744	30	17	Beda

c. Formasi Kalibabak vs Formasi Lekopiko

Komponen	Max Neg	Max Pos	p-level	Mean 2	Mean 3	SD 2	SD 3	N 2	N 3	Keterangan
Mineral total	-0,0588	0,3823	p < .10	3,6764	1,6090	1,6090	2,2784	34	17	Beda
Plagioklas	0,00	0,4117	p < .05	3,4705	0,5066	0,5066	0,8744	34	17	Beda
Piroksen	0,00	0,5588	p < .005	2,8823	0,6859	0,6859	0,9851	34	17	Beda
Mineral Lempung	0,00	0,5294	p < .005	2,2058	1,5294	1,0084	0,8744	34	17	Beda

Tabel 6. Hasil Perbandingan Dua Formasi Batuan Dengan Metode Mann-Whitney U Berdasarkan Komponen Mineral Total, Plagioklas, Piroksen, dan Mineral Lempung Pada Pengujian XRD

a. Formasi Kalipalung vs Formasi Kalibabak

Komponen	Sum 1	Sum 2	U	Z	p-level	Z adjs	p-level	N 1	N 2	Keterangan
Mineral total	849	1231	384	-1,695	0,0900	-1,963	0,0496	30	34	Beda
Plagioklas	989	1091	496	0,188	0,8506	0,2143	0,8302	30	34	Sama
Piroksen	1030	1050	455	0,739	0,4593	0,8660	0,3864	30	34	Sama
Mineral Lempung	969	1110	504	-0,073	0,9410	0,0855	0,9318	30	34	Sama

b. Formasi Kalipalung vs Formasi Lekopiko

Komponen	Sum 1	Sum 3	U	Z	p-level	Z adjs	p-level	N 1	N 3	Keterangan
Mineral total	757	370	217	0,830	0,4063	0,8895	0,3737	30	17	Sama
Plagioklas	870	258	105	3,321	0,0008	3,6042	0,0003	30	17	Beda
Piroksen	880	247	94	3,553	0,0003	3,8360	0,0001	30	17	Beda
Mineral Lempung	822	306	153	2,258	0,0239	2,4116	0,0158	30	17	Beda

c. Formasi Kalibabak vs Formasi Lekopiko

Komponen	Sum 2	Sum 3	U	Z	p-level	Z adjs	p-level	N 2	N 3	Keterangan
Mineral total	970	355	202	1,728	0,0839	1,9038	0,0569	34	17	Sama
Plagioklas	1057	269	116	3,456	0,0005	3,8711	0,0001	34	17	Beda
Piroksen	1067	258	105	3,666	0,0002	3,9154	0,0003	34	17	Beda
Mineral Lempung	1022	303	150	2,767	0,0056	3,1516	0,0016	34	17	Beda

PEMBAHASAN

Sesuai dengan topik penelitian, maka yang akan diungkap adalah hal-hal yang tidak atau belum terlihat dengan nyata di lapangan dengan menggunakan metode pengujian XRD di laboratorium. Jenis komponen pada matriks breksi gunung api pada kenyataannya merupakan aspek petrologi dan mineralogi yang tidak teridentifikasi di lapangan, sehubungan perbedaan jenis komponen matriks dari ketiga satuan batuan tersebut tidak begitu jelas terlihat di lapangan. Pengujian di laboratorium dengan menggunakan peralatan XRD, membuktikan tingkat perbedaan atau kesamaan komponen matriks breksi gunung api ketiga satuan batuan tersebut.

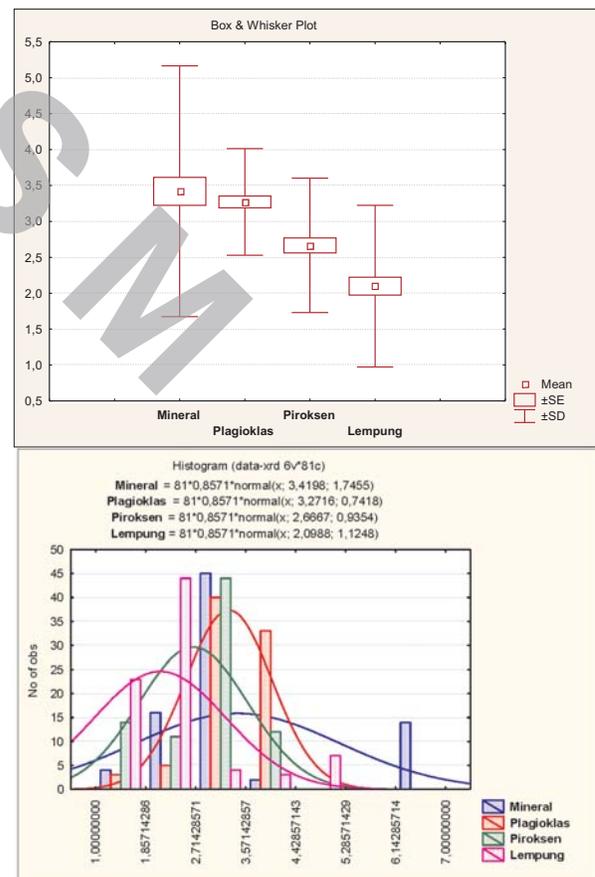
Berdasarkan data hasil pengujian XRD, setelah diverifikasi dengan statistik, tampak bahwa ada korelasi yang cukup nyata (sedang negatif) di antara ketiga formasi batuan yang ada. Korelasi dalam hal ini adalah telah terjadinya perkembangan komponen mineral penyusun matriks breksi gunung api. Komponen plagioklas semakin asam seiring dengan berjalannya waktu, terutama pada saat Formasi Lekopiko terendapkan. Komponen plagioklas pada Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak yang semula berjenis andesin hingga labradorit, berkembang menjadi albit hingga oligoklas pada Formasi Lekopiko. Perkembangan lainnya adalah perubahan piroksen klinto dan orto, menjadi piroksen orto dan akhirnya mineral ini tidak hadir. Selain itu, montmorilonit yang semula cukup banyak, menjadi sangat jarang dan atau digantikan oleh kaolinit. Perubahan atau perkembangan seperti tersebut di atas tampaknya sangat berkaitan dengan batuan sumber breksi gunung api di daerah kegiatan. Dengan asumsi bahwa iklim, kelerengan, lingkungan pengendapan, tingkat pelapukan, dan tingkat ubahan relatif sama antarwaktu, maka sumber batuan menjadi faktor utama pembentuk perkembangan tersebut.

Meskipun hasil uji korelasi statistik memperlihatkan adanya perkembangan komponen yang cukup nyata, akan tetapi hasil uji beda rata-rata komponen menunjukkan persamaan dan perbedaan antar-formasi batuan. Formasi Kalibabak dan Formasi Kalipalung hingga saat ini dianggap merupakan dua formasi batuan yang berbeda. Perbedaan formasi ini adalah lingkungan pengendapan laut dengan komponen gampingan pada Formasi Kalipalung, dan sebaliknya yang terjadi pada Formasi Kalibabak yang diendapkan di darat tanpa unsur gampingan. Namun demikian, hasil pengujian XRD tidak memperlihatkan adanya perbedaan tersebut.

Hasil uji beda rata-rata antara Formasi Lekopiko dengan dua formasi batuan terdahulu

memperlihatkan perbedaan cukup nyata (sedang negatif). Kenyataan ini menunjukkan bahwa telah terjadi perkembangan pada sumber breksi gunung api di daerah kegiatan, dari andesit-basal pada fase pengendapan Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak berkembang menjadi dasit-andesit pada fase pengendapan Formasi Lekopiko.

Dari pembahasan di atas dapat dikatakan bahwa peralatan XRD mampu untuk mengidentifikasi dan membedakan formasi batuan secara tidak langsung, dengan pengujian di laboratorium dan diikuti dengan verifikasi data. Hasil pengujian XRD terhadap percontoh matriks breksi yang dipilih berukuran paling halus membuktikan hal ini. Di masa mendatang perlu dicoba terus proses pengoperasian peralatan pengujian terhadap percontoh yang sama akan dengan fraksi yang lebih kasar. Perlakuan percontoh terputar atau percontoh statis pada saat perekaman data uji perlu dibandingkan, sejauh mana perbedaan atau persamaan hasil ujinya. Parameter pengukuran yang berbeda-beda, seperti ukuran slit, kedudukan percontoh, ukuran arus dan tegangan, serta kecepatan pengukuran menjadi hal yang menantang untuk dicoba di masa mendatang.



Gambar 6. Perajahan kotak dan histogram komponen mineral total, plagioklas, piroksen, dan mineral lempung yang teridentifikasi pada pengujian XRD.

KESIMPULAN

- Hasil pengujian XRD pada fraksi terhalus matriks breksi gunung api ketiga formasi tersebut menunjukkan bahwa ada hubungan dan perkembangan yang nyata. Komponen plagioklas semakin asam dari tua ke muda, yaitu dari labradorit menjadi andesin hingga oligoklas dan albit. Komponen piroksen berkembang dari tua ke muda, yaitu piroksen klino dan orto menjadi piroksen orto hingga piroksen tidak hadir. Mineral lempung montmorilonit dominan pada umur tua, semakin hilang pada umur muda atau digantikan oleh kaolinit.
- Berdasarkan hasil uji beda yang telah dilakukan tampak bahwa secara umum Formasi Kalipalung dan Formasi Kalibabak tidak

memperlihatkan adanya perbedaan komponen mineralogi yang nyata. Di lain pihak, perbedaan yang cukup nyata terjadi antara Formasi Kalipalung dengan Formasi Lekopiko, begitu pula Formasi Kalibabak dengan Formasi Lekopiko. Perbedaan karakter ini merupakan produk dari perkembangan sumber batuan yang memang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. H.R. Febri Hirnawan, atas masukan aspek metode penelitian yang sangat baik, serta kepada Sdr. Herwin Syah dan Purwo Kawoco atas bantuan pendigitan peta dan pengambilan data uji.

ACUAN

- Andi Mangga, S., Atmawinata, S., Hermanto, B., Setyogroho, B., dan Amin, T.C., 1994. *Peta Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat, Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Arikunto, S., 1990. *Manajemen Penelitian*. Rineka Cipta, Jakarta, 645 p.
- Bemmelen, R.W. van, 1949. *The Geology of Indonesia* vol. IA & IB Government Printing Office. The Hague, Netherland.
- Blown, I.G., 1976. *Penelitian Sumber Air di Lombok*. Direktorat Jenderal Pengembangan Air, Jakarta yang bekerjasama dengan konsultan Kanada.
- Franzen, M. 2002. Faster X-Ray Powder Diffraction Measurements. *American Laboratory*, February 2002, pp. 42-49.
- Hasan, R., Subagio, S., Kawoco, P., Amar, dan Nawawi, O.W., 2007. *Laporan Akhir Kegiatan Peningkatan Laboratorium Uji: Metode X-Ray Diffraction (XRD) Untuk Studi Batuan Piroklastika Dari Daerah Lombok Timur dan Sekitarnya, Nusa Tenggara Barat*. Laporan Teknis Intern, Pusat Survei Geologi, Bandung. Tidak terbit.
- Hall, R. 2001. Cenozoic Reconstructions of SE Asia and the SW Pacific: Changing Patterns of Land and Sea. In Metcalfe, I., Smith, J.M.B., Morwood, M., Davidson, I.D. eds. *Faunal and Floral Migrations and Evolutions in SE Asia - Australia*. A.A. Balkema (Swets & Zeitlinger Publisher), Lisse, pp. 35-56.
- Hall, R. dan Wilson, M.E.J., 2000. Neogene Sutures in Eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences* 18 (2000), pp. 781-808.
- Heek, J.G.B. van, 1909. Bijdrag tot de Geologische Kennis van bet Eiland Lombok. *Jaarboek van Het Mijnwezen* 38, *Wetenschappelijk Gedeelte*, 30 p.
- Jenkins, R. dan Snyder, R.L., 1996. *Introduction to X-Ray Powder Diffractometry*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Klug, H.P. dan Alexander, L.E., 1974. *X-ray Diffractometry Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*. John Wiley and Sons Inc., New York.

- Menking, K.M., Musler, H.M., Fitts, J.P., Bischoff, J.L., dan Anderson, R.S., 2001. Clay Mineralogical Analyses of the Owens Lake Core. <http://pubs.usgs.gov/of/1993/of93-683/3-sed-min/2-clay/clay.html#abstract> < 16/04/2007 >
- Moore, D. M. dan R. C. Reynolds, Jr. (1989). *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, Oxford.
- Poppe, L.J., Paskevich, V.F., Hathaway, J.C., dan Blackwood, D.S., 2001. A Laboratory Manual for X-Ray Powder Diffraction. *USGS Open-File Report 01-041*. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey
- Sundhoro, H., Nasution, A., dan Simanjuntak, J., 2000. Sembalun Bumbung Geothermal Area, Lombok Island, West Nusatenggara, Indonesia: An Integrated Exploration. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*. Kyusu-Tohoku, Japan, May 28 - June 10 2000.
- Suratno, N., 1985. Laporan Penyelidikan Bahan Galian Kalsit Sebagai Bahan Pemutih (*Whiting Material*) Industri di Daerah Mencanggih, Sekotong Barat, Kabupaten Lombok Barat. Kanwil Depertamben, Mataram.
- Widhiyatna, D., Kamal, S., Soleh, A., dan Pohan, M.P., 2007. Penyelidikan Geokimia Regional Sistematis Lembar Lombok, Kabupaten Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur dan Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. [Http://www.dim.esdm.go.id/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=321](http://www.dim.esdm.go.id/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=321) <27/02/2007>.

Naskah diterima : 10 Maret 2008
Revisi terakhir : 18 Januari 2009