

ANALISIS BONGKAH LAHAR DENGAN METODE PUNGGUNG KATAK DAERAH KARANGGEDE DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGEDE KABUPATEN BOYOLALI PROVINSI JAWA TENGAH

Agung Riswanto Kipudjena¹ & Miftahussalam²

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral IST AKPRIND

Jln. Kalisahak No. 28 Yogyakarta, Indonesia

¹agungkipudjena@gmail.com, ²miftah@akprind.ac.id

ABSTRACT

This research is important because the source of hot cloud material in western Volcano Merbabu has been known. The purpose of this research is to find out the model of lahar material deposition with frog back method, so that the flow direction can be discovered, and also the (key) data that can be used to better understand the dynamics of sedimentation. Analysis of lahar boulder by frog method is the method of measuring the direction of imbrication or the direction of of lahar material flow with the geometry approach resembling the frog's back when it stops, wherein the front of the boulder fragment that resembles the frog's back geometry can indicate the direction of the imbrication axis from the lahar material itself. The direction of the imbrication is interpreted as the direction of flow as the material settles. The analysis includes the direction of imbrication or direction of flow, grain shape and grain size, Lahar surface in the research area is produced from the material degradation of high density volcano material. Precipitation occurs when the energy (stress) flow of each grain has been exhausted From the analysis of lahar boulder, with the method of frog's back obtained the direction of dominant imbrication in the 1st quadrant in the range of N 65 ° - 83 ° E and the source of lahar material derived from the eruption of Mount Merbabu located in the west of the research area.

Keywords: Lahar, back, frog, direction, flow, distribution, structure, sorting, shape, fragment and shingle (orientation)

INTISARI

Penelitian ini penting dilakukan karena sumber material awan panas di barat Gunung Merbabu telah diketahui. Tujuan penelitian untuk mengetahui model pengendapan material lahar dengan metode punggung katak, sehingga dapat diketahui arah aliran, serta data petunjuk (kunci) yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pengendapannya. Analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak yaitu metode pengukuran arah penyirapan atau arah aliran material lahar dengan metode pendekatan geometri menyerupai punggung katak saat berhenti, dimana bagian depan dari fragmen bongkah yang menyerupai geometri punggung katak dapat menunjukkan arah sumbu penyirapan dari material lahar itu sendiri. Arah penyirapan diinterpretasikan sebagai arah aliran saat material mengendap. Analisis meliputi arah penyirapan atau arah aliran, bentuk butir dan ukuran butir, lahar permukaan di daerah penelitian dihasilkan dari bahan rombakan material gunung api berdensitas tinggi. Pengendapan terjadi saat energi (stress) aliran masing-masing butir (granular) telah habis. Dari hasil analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak didapatkan arah penyirapan dominan berada pada kuadran 1 berkisar antara N 65°-83° E dan sumber material lahar berasal dari hasil letusan Gunung Merbabu yang berada pada barat daerah penelitian.

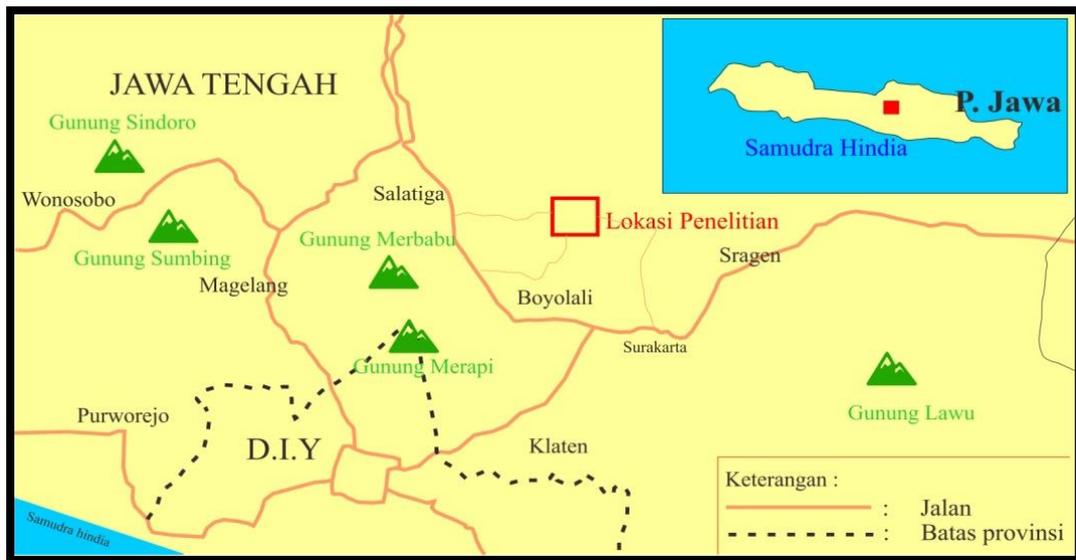
Kata kunci: Lahar, punggung, katak, arah, aliran, distribusi, struktur, sortasi, bentuk, fragmen dan sirapan (orientasi).

PENDAHULUAN

Zona Kendeng mempunyai kondisi geologi yang cukup kompleks, sehingga sangat menarik untuk dilakukan penelitian.

Zone Kendeng merupakan suatu zone yang membentang dari Provinsi Jawa Tengah bagian timur hingga Provinsi Jawa Timur (Sukardi dan Budhitrisna, 1992). Secara

administratif, daerah penelitian terletak ± 84 km ke arah timur laut dari Kota Yogyakarta, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomi terletak pada posisi 07°17'30" LS – 07°22'30" LS dan 110°37'30" BT–110°42'30" BT (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Dataran sisi selatan sebagian besar tersusun atas daerah aliran bahan klastika gunungapi yang berupa lahar. Daerah penelitian terletak di bagian barat dataran kaki Gunungapi Merbabu. Penelitian ini dilakukan di Zone Kendeng karena sumber material awan panas di barat Gunungapi Merbabu telah diketahui. Daerah penelitian banyak dijumpai fragmen breksi lahar/breksi andesit yang memperlihatkan geometri yang menyerupai punggung katak saat berhenti dan bentuk fragmen yang menyerupai geometri punggung katak ini dapat digunakan untuk mengetahui arah aliran dan sumber dari mana asal breksi andesit itu sendiri.

Tujuan penelitian untuk mengetahui model pengendapan material lahar, sehingga dapat diketahui arah aliran, serta data petunjuk (kunci) yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pengendapannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai model untuk menentukan arah aliran material (sedimen) rombakan dengan fragmen bongkah yang belum diketahui sumbernya, misalnya pada gunungapi tua dan batuan gunungapi berumur Tersier dan Kuarter yang telah tererosi lanjut.

Geologi Umum

Secara fisiografi, kesamaan morfo logi dan tektonik daerah penelitian berada di Zone Kendeng yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian barat terletak di antara Gunung Ungaran dan Solo (utara Ngawi), bagian tengah

membentang hingga Jombang dan bagian timur mulai dari timur Jombang hingga Delta Sungai Brantas, menerus sampai ke Teluk Madura. Daerah penelitian termasuk dalam Zone Kendeng bagian barat.

Mengacu pada konsep Zuidam, 1983 dalam Sriyono, 2015, maka geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 3 yaitu: (1) satuan geomorfologi asal fluvial (F) dengan subsatuan geomorfik tubuh sungai (F1), subsatuan geomorfik waduk (F2), dan subsatuan geomorfik dataran aluvial (F3). (2) Satuan geomorfologi asal vulkanik (V) dengan subsatuan geomorfik perbukitan bergelombang lemah-sedang tuf (V10) dan subsatuan geomorfik perbukitan bergelombang lemah-sedang lahar (V11). (3) Satuan geomorfologi asal struktural (S) dengan subsatuan geomorfik struktural terdenudasi (S8).

Dalam geologi Lembar Salatiga, Jawa (Sukardi dan Budhitrinsa, 1992) daerah penelitian masuk dalam Zone Kendeng bagian barat yang ditempati oleh Formasi Kerek, Formasi Kabuh, Formasi Notopuro Batuan Gunungapi dan aluvium. Berikut ini adalah urutan stratigrafi daerah penelitian dari yang paling tua ke paling muda adalah:

1. Satuan Napal kerek

Satuan Napal Kerek berumur Miosen Tengah-Miosen Atas yang terendapkan pada lingkungan laut terbuka. Satuan ini merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian, disusun oleh perselingan napal, batupasir karbonatan dan sisipan batulempung.

Satuan Napal Kerek tertindih tidak selaras oleh Satuan Batupasir Silisik Kabuh.

1. Satuan Batupasir Silisik Kabuh

Satuan Satupasir Silisik Kabuh berumur Pleistosen Tengah dan terendapkan pada lingkungan darat, tersusun oleh litologi dominan batupasir silisik, tuf dan konglomerat. Satuan ini tertindih selaras oleh Satuan Tuf Notopuro yang berumur Miosen Atas.

2. Satuan Tuf Notopuro

Satuan Tuf Notopuro berumur Pleistosen Atas, terendapkan pada lingkungan darat. Satuan ini tertindih secara tidak selaras oleh Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi.

3. Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi

Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi tersusun atas breksi andesit batupasir silisik dengan lensa konglomerat di dalamnya. Satuan ini berumur Holosen dengan lingkungan pengendapan darat. Satuan ini tertindih tidak selaras oleh endapan campuran.

4. Endapan campuran

Endapan campuran terdiri dari material lepas hasil rombakan dari batuan yang lebih tua dengan ukuran lempung-bongkah. Material penyusunnya berupa sedimen lepas yang berukuran lempung-bongkah, yang berasal dari endapan gunungapi muda maupun dari hasil rombakan batuan lain yang lebih tua di sekitarnya dan terbawa oleh aliran sungai maupun aliran air permukaan.

Dasar Teori

Menurut Martini (1997) dalam Mulyaningsih, 2015 lahar adalah aliran lumpur pekat yang terbentuk dari campuran air, partikel dan lumpur. Regangan aliran dihasilkan dari interaksi partikel-partikel berkonsentrasi tinggi. Pada konsentrasi kurang dari 20% atau 30%, partikel mengambang dalam campuran padatan-air sebagai turbulen, dan pada konsentrasi hingga 60% interaksi partikelnya termodifikasi sebagai kombinasi turbulen dan interaksi partikel. Konsentrasi partikel yang lebih tinggi lagi, didominasi oleh interaksi partikel hingga dapat menjadi aliran plastis.

Menurut Lowe (1982) dalam Mulyaningsih, dkk 2006 ada 2 gaya pembentuk ketahanan aliran, yaitu: (1) gaya-gaya elektrostatis yang dibentuk oleh campuran lumpur-air, yang menyebabkan resistensi

kohesif aliran (cohesive resistance to flow) atau (2) tegangan friksi oleh interaksi inersia antar fragmen besar (lebih besar dari lanau), menyebabkan inertial resistance to flow atau resistensi friksional (tak kohesif atau aliran densiti termodifikasi).

Kedua gaya tersebut dapat terbentuk bergantung pada limpahan material halus (lempungan). Pada limpahan yang kecil atau ~5% dapat menyebabkan perubahan perilaku aliran secara besar-besaran. Dalam aliran rombakan, butiran digerakkan oleh efek konsentrasi tinggi aliran massa oleh turbulensi, dan pengosongan paksa fluida dari rongga antar butir yang terdiri atas: (1) fase menerus (fase matrik atau fluida) tersusun oleh campuran air dan partikel dengan diameter <2 mm, dan (2) fase butiran kasar berdiameter >2 mm (Fisher, 1991 dan 1983; Scott, 1988 dalam Mulyaningsih, dkk 2006). Aliran rombakan yang berpartikel besar dikenali dari parameter ukuran butir fase matriknya, dan dari ukuran fragmen yang besar, maka keberadaan matrik tersebut lebih mudah dikenali.

Aliran rombakan saat bergerak menuruni lereng pada media yang berair (sungai), maka lahar tersebut akan segera bercampur dengan air, menyerap regangan, kohesi lahar sehingga menyebabkan aliran menjadi hiperkonsentrasi, saat aliran tersebut membawa sedimen dalam jumlah besar. Fragmen-fragmen yang ada berperan sebagai penggerak turbulensi, akibat adanya interaksi antar partikel. Dari besarnya regangan dan beban yang dimiliki, maka lahar akan mempengaruhi sistem sungai, pada morfologi (seperti ketinggian, lebar dan kedalaman suatu lembah), tatanan (seperti pembentukan alur sungai, dataran limpah banjir, tanggul, dan teras sungai baru) dan serta adanya arah aliran sungai secara lokal (Fisher, 1984 dan Scott, 1988 dalam Mulyaningsih, dkk 2006).

Metode Analisis Bongkah Lahar

Analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak adalah metode pengukuran arah penyirapan atau arah aliran material lahar dengan metode pendekatan geometri yang menyerupai punggung katak saat berhenti, di mana bagian depan dari fragmen bongkah yang menyerupai geometri punggung katak menunjukkan arah sumbu penyirapan dari material lahar itu sendiri (Mulyaningsih, dkk, 2006). Arah penyirapan tersebut diinterpretasikan sebagai fase akhir dari arah aliran material saat material mengendap. Data dari hasil analisis arah penyirapan, dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk mengetahui sumber dari material lahar tersebut (Gambar 2).



Gambar 2. Morfologi punggung katak dan susunan tumpang-tindih fragmen bongkah pada bagian atas endapan lahar, kurang lebih 14 km dari puncak gunungapi (kiri) dan model katak air (kanan) (Mulyaningsih dkk, 2006).

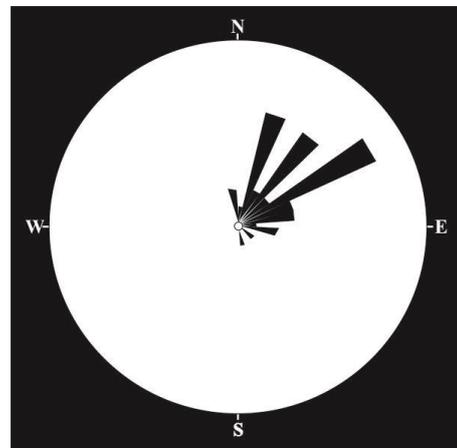
Metode penelitian diawali dengan pengambilan data primer di lapangan, yaitu pengukuran fragmen bongkah breksi andesit dengan ukuran yang bisa dijumpai di lapangan 60-200 cm meliputi ukuran butir, arah sumbu penyirapan, dan bentuk butir. Pengukuran bongkah yang dijumpai di lapangan memperlihatkan morfologi “punggung katak saat berhenti” tersebut, di bagian depan dari fragmen bongkah tersebut dapat menunjukkan arah sumbu penyirapan.

Pengukuran arah penyirapan menggunakan alat Kompas Brunton dengan cara membaca arah azimuth pada kompas. Setelah diketahui bagian depan dari fragmen bongkah, kompas kemudian disejajarkan dan diseimbangkan, kemudian *sighting arm* diarahkan se arah dengan bagian depan dari fragmen bongkah, usahakan kompas dalam keadaan level (masukkan gelembung air ke *bull's eye*) lalu dibaca nilai azimuthnya pada lingkaran pembagian derajat sesuai dengan yang ditunjukkan oleh jarum utara kompas (Gambar 3)



Gambar 3. Cara pengukuran arah penyirapan pada fragmen bongkah yang memperlihatkan morfologi punggung katak di daerah penelitian

Data primer tersebut selanjutnya dianalisis secara statistika, meliputi pemilahan fragmen berdasarkan bentuk dan besar butir, serta arah penyirapan. Data arah penyirapan yang telah diukur di lapangan pada masing-masing lokasi penelitian, kemudian diolah dengan menggunakan *Software Dips* sehingga data yang disajikan berupa diagram rose (Gambar 4).



Gambar 4. Analisis diagram rose arah penyirapan di lapangan

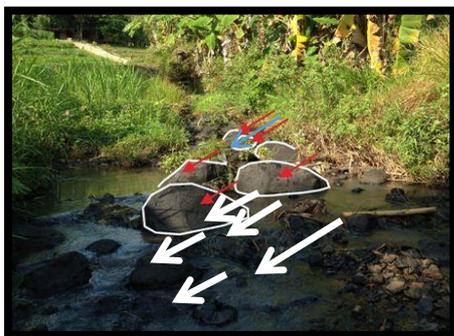
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahar permukaan di berada daerah penelitian dihasilkan dari bahan rombakan material gunungapi yang berdensitas tinggi. Mekanisme transportasi dan pengendapan material tersebut dikategorikan berkecepatan tinggi, sehingga menghasilkan aliran turbulen, dengan daya alir dihasilkan dari dominasi interaksi antar partikel (granular). Pada saat material mendekati fase akhir pengendapan, secara perlahan aliran turbulen berubah menjadi aliran laminar yang menyerupai proses fluvial. Pengendapan tersebut terjadi pada

saat energi (stress) aliran masing-masing butir (granular) telah habis. Oleh gaya gravitasi bumi, fragmen-fragmen yang berukuran besar mengalami proses penyesuaian posisi, bagian yang lebih berat berada di depan, sedangkan bagian yang lebih ringan tetap berada pada posisinya, sehingga fragmen-fragmen tersebut memperlihatkan geometri menyerupai punggung katak. Dalam analisis bongkah lahar, dibuat 3 analisis arah aliran/arah penyirapan bongkah lahar pada LP 1, LP 2, LP 3 yang disajikan dalam bentuk diagram *rose*, sehingga akan dapat diketahui arah aliran dari lahar tersebut. Penjelasan mengenai arah aliran lahar dari masing-masing lokasi pengamatan dapat dijelaskan sebagai berikut.

Analisis arah penyirapan bongkah lahar pada LP 1

Lokasi pengamatan 1 terletak di Desa Sraten yang berada pada bagian selatan daerah penelitian, dengan koordinat S 7° 22' 19.71", E 110° 39' 22" elevasi 277 Mdpl. Morfologi daerah penelitian berupa dataran rendah vegetasi sedang. Litologi penyusun berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran berang-kal-bongkah (Gambar 5 dan Tabel 2).



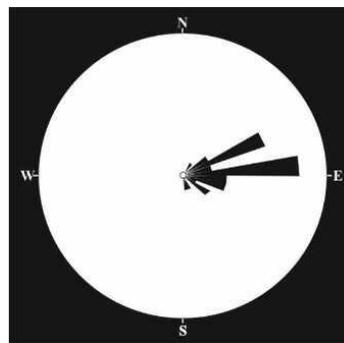
Gambar 5. Fragmen bongkah lahar di daerah Sraten LP 1. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Fragmen Bongkah Lahar pada LP 1

No	Dia-meter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	65	110°	Membulat tanggung
2	130	210°	Menyudut tanggung
3	110	85°	Menyudut tanggung
4	75	105°	Membulat tanggung
5	75	70°	Membulat tanggung
6	80	95°	Membulat tanggung
7	75	85°	Membulat tanggung
8	120	85°	Menyudut tanggung
9	60	125°	Membulat tanggung
10	100	90°	Membulat tanggung

11	130	100°	Menyudut tanggung
12	110	80°	Menyudut tanggung
13	70	86°	Menyudut tanggung
14	95	85°	Membulat tanggung
15	150	65°	Menyudut tanggung
16	90	330°	Membulat tanggung
17	140	55°	Membulat tanggung
18	140	65°	Menyudut tanggung
19	100	340°	Membulat tanggung
20	100	300°	Membulat tanggung
21	98	65°	Menyudut tanggung
22	180	105°	Menyudut tanggung
23	132	80°	Membulat tanggung
24	130	72°	Membulat tanggung
25	66	51°	Menyudut tanggung
26	120	65°	Menyudut tanggung
27	160	80°	Menyudut tanggung
28	104	95°	Membulat tanggung
29	98	65°	Menyudut tanggung
30	110	65°	Menyudut tanggung

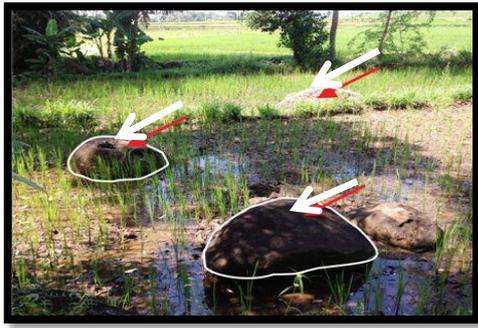
Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah penyirapan dominan pada lokasi ini N83°E (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Sraten LP 1 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

Analisis arah penyirapan bongkah lahar di LP 2

Lokasi pengamatan 2 terletak di Desa Pengkol di bagian selatan daerah penelitian, dengan koordinat S 7°22' 07,66" dan E 110°39'56,58" pada elevasi 259 Mdpl. Morfologi daerah penelitian berupa dataran rendah bervegetasi sedang. Litologi penyusun berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran fragmen berangkal-bongkah. (Gambar 7 dan Tabel 2).



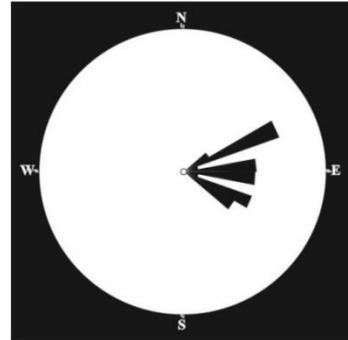
Gambar 7. Fragmen bongkah lahar di daerah Pengkol LP 2. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 2. Hasil pengukuran fragmen bongkah lahar pada LP 2

No	Diameter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	66	55°	Membulat tanggung
2	65	95°	Membulat tanggung
3	68	85°	Membulat tanggung
4	70	85°	Menyudut tanggung
5	80	65°	Menyudut tanggung
6	90	110°	Menyudut tanggung
7	64	95°	Membulat tanggung
8	90	90°	Menyudut tanggung
9	65	110°	Menyudut tanggung
10	160	125°	Membulat tanggung
11	70	110°	Menyudut tanggung
12	80	115°	Membulat tanggung
13	67	65°	Membulat tanggung
14	65	50°	Menyudut tanggung
15	65	120°	Membulat tanggung
16	70	125°	Menyudut tanggung
17	68	120°	Menyudut tanggung
18	75	60°	Menyudut tanggung
19	180	80°	Membulat tanggung
20	110	95°	Membulat tanggung
21	100	80°	Menyudut tanggung
22	120	65°	Membulat tanggung
23	67	85°	Membulat tanggung
24	80	90°	Membulat tanggung
25	80	70°	Menyudut tanggung
26	110	65°	Membulat tanggung
27	110	105°	Membulat tanggung
28	65	60°	Menyudut tanggung
29	80	110°	Menyudut tanggung
30	100	65°	Membulat tanggung

Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah

penyirapan dominan pada lokasi ini N 65°E (Gambar 8).



Gambar 8. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Grogolan LP 2 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

Analisis arah penyirapan bongkah lahar di LP 3

Lokasi pengamatan 3 terletak di Desa Karangkepo, berada pada bagian selatan daerah penelitian, mempunyai koordinat S 7°21'11.60", E 110° 40'25.09" dengan elevasi 221 Mdpl. Morfologi yang berada pada daerah penelitian berupa dataran rendah dan bervegetasi sedang. Litologi penyusun pada lokasi pengamatan 3 berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran berangkal-bongkah (Tabel 3 dan Gambar 9)



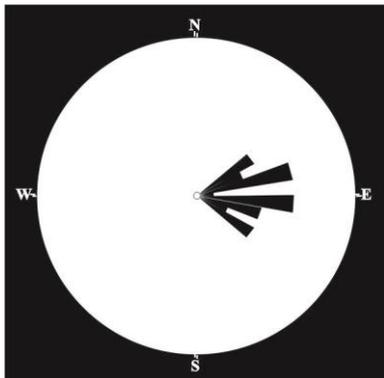
Gambar 9. Fragmen bongkah lahar di daerah Karangkepo LP 3. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 3. Hasil Pengukuran fragmen bongkah lahar pada LP 3

No	Diameter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	98	65°	Menyudut tanggung
2	158	90°	Menyudut tanggung
3	175	115°	Membulat tanggung
4	175	76°	Menyudut tanggung
5	104	75°	Menyudut tanggung
6	86	95°	Membulat tanggung
7	142	70°	Menyudut tanggung

8	110	120°	Menyudut tanggung
9	73	105°	Membulat tanggung
10	64	51°	Membulat tanggung
11	94	70°	Menyudut tanggung
12	90	95°	Membulat tanggung
13	67	125°	Menyudut tanggung
14	110	100°	Menyudut tanggung
15	95	125°	Menyudut tanggung
16	130	120°	Menyudut tanggung
17	160	95°	Menyudut tanggung
18	130	50°	Membulat tanggung
19	150	65°	Membulat tanggung
20	100	75°	Menyudut tanggung
21	150	95°	Menyudut tanggung
22	90	55°	Membulat tanggung
23	110	100°	Menyudut tanggung
24	160	90°	Membulat tanggung
25	85	80°	Membulat tanggung
26	95	60°	Menyudut tanggung
27	80	75°	Membulat tanggung
28	65	100°	Membulat tanggung
29	80	50°	Menyudut tanggung
30	120	115°	Membulat tanggung

Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah penyirapan dominan pada lokasi ini N75°E (Gambar 10)



Gambar 10. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Tegalsari LP 3 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian di lapangan serta analisis di laboratorium, maka dapat disimpulkan analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak di daerah Karanggede dan sekitarnya Kabupaten Boyolali Propinsi Jawa Tengah sebagai berikut.

Arah penyirapan atau aliran dari fragmen breksi lahar dapat diidentifikasi dari permukaan sedimen, dengan melihat geometri yang menyerupai "punggung katak".

Berdasarkan analisis bongkah lahar pada breksi andesit dengan metode punggung

katak, yang telah disajikan dalam bentuk diagram *rose* pada setiap lokasi pengamatan, didapatkan arah aliran atau penyirapan dominan berada pada kuadran antara N65-83°E. Pada LP 1 didapatkan arah penyirapan dominan N83°E, pada LP 2 didapatkan arah penyirapan dominan N65°E dan pada LP 3 didapatkan arah penyirapan dominan N75°E. Arah aliran atau penyirapan tersebut diinterpretasikan sebagai fase akhir saat material mengendap. Dengan menggunakan arah aliran atau penyirapan dapat disimpulkan bahwa breksi andesit pada daerah penelitian berasal dari hasil letusan Gunung Merbabu yang berada di barat daerah penelitian yang telah tertransport. Endapan lahar tersebut terbentuk dari hasil longsoran endapan awas panas yang dipicu oleh curah hujan yang sangat tinggi, kemudian material suspensi tersebut turun menuruni lereng dengan kecepatan yang sangat tinggi dan akan terendapkan ketika energi masing-masing butir telah habis.

DAFTAR PUSTAKA

Mulyaningsih, S., Sampurno, Yahdi Zaim, Deny Juanda Puradimaja, dan Sutikno Bronto. 2006. Dinamika pengendapan lahar permukaan pada alur-alur Lembah di Bagian Selatan Gunung Api Merapi, Yogyakarta. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 3 September 2006: 129-142.

Muyaningsih, S., 2015, *Vulkanologi*, Penerbit Ombak, Yogyakarta

Sriyono, 2015, *Geologi dan Geomorfologi Indonesia*, Penerbit Ombak, Yogyakarta

Sukardi, dan Budhitrisona, T., 1992, *Peta Geologi Lembar Salatiga Skala 1 : 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung