

KAJIAN PETROGRAFI PADA ZONA PELAPUKAN BREKSI PIROKLASTIK TERHADAP LONGSORAN GUNUNG PAWINIHAN, KABUPATEN BANJARNEGARA, PROVINSI JAWA TENGAH

THE STUDY OF PETROGRAPHIC IN THE ZONE OF WEATHERING BRECCIA
IN PAWINIHAN LANDSLIDE, BANJARNEGARA REGENCY, CENTRAL JAVA

**Indra Permanajati^{*1,2}, Zufaldi Zakaria³, Mochamad Sapari Dwi Hadian³,
Herryal Zoelkarnain Anwar⁴, Rachmad Setijadi²**

*Email: indrapermanajatimt@yahoo.co.id

¹Mahasiswa S3 Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

³Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

⁴Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Bidang Geoteknologi, Bandung

Abstrak— Longsoran Gunung Pawinihan di Kabupaten Banjarnegara merupakan longsoran yang mengakibatkan korban jiwa cukup banyak yaitu sekitar 80 orang meninggal. Longsoran ini terjadi pada tanggal 16 Januari 2006 yang merupakan jenis longsoran *debris slide* dan berubah menjadi *debris flow*. Longsoran tersebut terjadi pada breksi vulkanik Formasi Jonggrangan yang berumur Kuartar. Kondisi yang diteliti adalah terbentuknya bidang gelincir pada zona pelapukan 4 dimana komposisi batuan sebagian besar sudah mengalami pelapukan dengan persentase tanah lebih besar dari mineral utama. Metode yang digunakan adalah klasifikasi zona pelapukan berdasarkan *British Standard* untuk mendeleniasi zona pelapukan breksi, kemudian analisis petrografi pada zona pelapukan yang berbeda. Hasil yang didapatkan adalah adanya perubahan komposisi mineral utama menjadi material tanah. Perubahan yang terjadi adalah adanya perubahan mineral utama seperti plagioklas menjadi mineral lempung, perubahan yang terjadi pada bagian luar mineral utama. Pada zona pelapukan 4, mineral oksidasi dan lempung mulai berkembang, sehingga komposisi mineral utama dan mineral sekunder utama hampir seimbang. Bidang gelincir longsoran terjadi pada zona ini, sehingga dapat dikatakan bidang gelincir terjadi pada zona 4 dimana terjadi perubahan mineral utama menjadi mineral sekunder yang cukup signifikan.

Kata kunci— *Debris slide*, zona pelapukan, bidang gelincir.

Abstract— The Pawinihan landslide in Banjarnegara regency is a landslide that caused about 80 people died. It occurred on January 16, 2006 included *debris slide* type and was converted to *debris flow*. The landslide occurred in the Jonggrangan Formation volcanoes of the Quaternary. An interesting condition to investigate is the forming of the slip surface on the weathering zone 4 where the rock composition has been mostly weathered with a percentage of soil. The method used is the classification of weathering zones based on the *British Standard* to delineate the breccia weathering zone, then petrographic analysis on different weathering zones. The result obtained is the change of main mineral composition into soil material. Changes of the major minerals such as plagioclase into clay minerals. In the weathering zone 4 oxidizing minerals and clay begin to develop, so the main mineral composition and the major secondary minerals are almost balanced. The sliding surface occurs in this zone, so it can be said that the slip surface occurs in zone 4, where the major mineral changes become a significant secondary mineral.

Keywords— *Debris slide*, zone of weathering, slip surface.

I. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan suatu proses dimana material-material bumi (batuan, material rombakan, dan tanah) bergerak menuju bagian bawah suatu

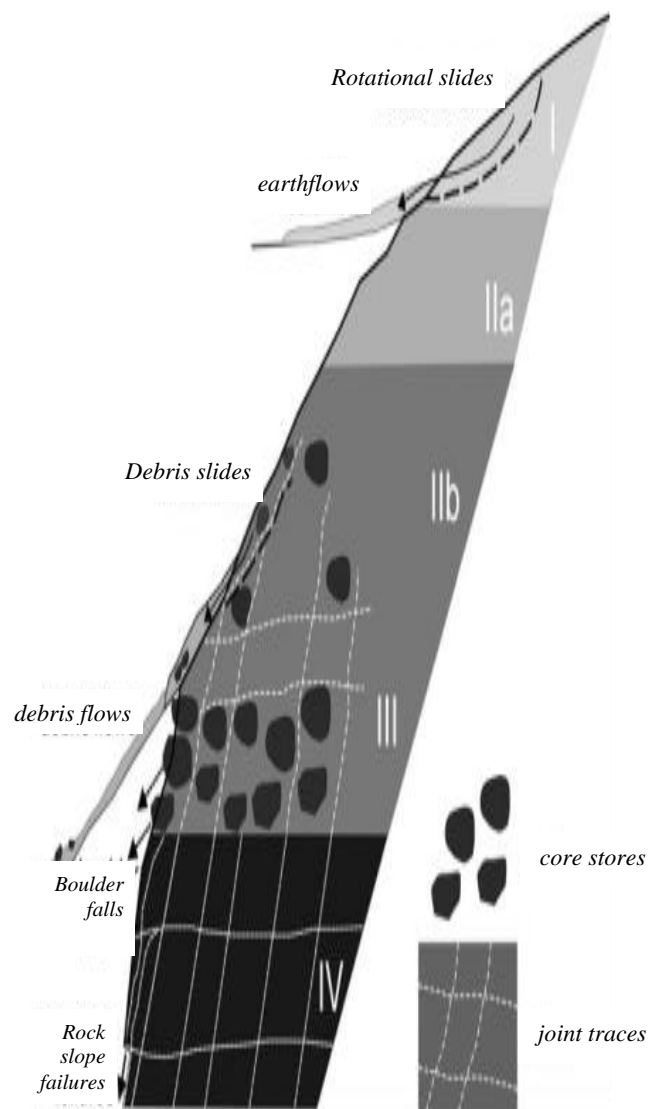
lereng oleh gaya gravitasi [1]. Fenomena alam ini dapat dikategorikan berbahaya jika harus berinteraksi dengan kehidupan manusia, sehingga bisa dikatakan tanah longsor merupakan bencana

alam yang perlu diwaspadai. Bencana alam longsoran cukup banyak terjadi di Indonesia, [2] mencatat kejadian longsoran di Indonesia mencapai 1.000 kejadian dengan jumlah korban jiwa sekitar 34.000 orang meninggal selama tahun 1815-2012. Bencana ini seringkali mengakibatkan korban jiwa cukup banyak seperti yang terjadi di longsoran Gunung Pawinihan, Banjarnegara. Longsoran telah mengakibatkan sekitar lebih dari 80 orang meninggal dunia [3]. Fenomena ini tidak bisa dibiarkan begitu saja, sehingga jumlah korban akan semakin banyak.

Usaha manusia untuk meminimalkan dampak bencana bisa dilakukan dengan penelitian mengenai mekanisme longsoran. Diharapkan dengan memahami konsep terjadinya longsor akan dicarikan saran pencegahannya. Usaha yang dilakukan terus menerus dan semakin terfokus ke arah substansi internal penyebab longsor yaitu bidang gelincir. Bidang gelincir merupakan bidang di dalam permukaan tanah sebagai batas bawah dari material yang bergerak sebelum longsor [4]. Dari kajian geologi salah satunya membahas pengaruh internal tanah yaitu mengenai kondisi tanah dan batuan. Salah satu faktor internal tanah yang berpengaruh adalah pelapukan batuan [5]. Secara umum pelapukan merupakan pembentukan tanah dari batuan. Proses ini mengubah mineral utama menjadi mineral sekunder. Mineral sekunder seringkali mempunyai karakteristik yang kurang baik terkait dengan pengaruhnya dari air tanah. Pengaruh karakteristik yang sangat jelas teramati dengan analisis laboratorium adalah penurunan nilai kuat geser tanah seiring kenaikan tingkat pelapukannya. Dalam penelitian ini didefinisikan hubungan perubahan mineral utama menjadi mineral sekunder secara petrografi. Jenis gerakan tanahnya adalah termasuk jenis *debris slide* yang terkonversi menjadi *debris flow* [3].

Secara regional daerah penelitian masuk ke batuan Kuartar Rogojembangan yang tersusun oleh litologi breksi piroklastik [6]. Daerah penelitian juga dibatasi oleh litologi lempung formasi Rambatan [7]. Breksi piroklastik di lokasi penelitian mengalami pelapukan dan terbentuk mineral sekunder. Penyebaran breksi vulkanik hampir merata di daerah Gunung Pawinihan. Pengkajian ini lebih memfokuskan mencari zona dimana bidang gelincir akan terjadi pada pelapukan breksi vulkanik.

Keterkaitan antara zona pelapukan dengan longsoran secara diskripsi telah dijelaskan oleh peneliti terdahulu yang membagi gerakan tanah berdasarkan zona pelapukannya (Gambar-1) [8]. Penelitian tersebut menggunakan klasifikasi derajat pelapukan [9], tetapi pengkajian secara rinci tentang kondisi kimia dan mineralogi belum dijelaskan. Lokasi Penelitian adalah di daerah Gunung Pawinihan, Desa Sijeruk, Kecamatan Banjarnegara, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah, karena daerah ini terdapat singkapan yang cukup ideal untuk penentuan zona pelapukan dan pengambilan sampel (Gambar-2).



Gambar-1. Hubungan derajat pelapukan dengan longsoran pada batuan [8].



Gambar-2. Daerah penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Petrografi adalah analisis mineralogi secara mikro dengan memanfaatkan pengetahuan tentang optik mineral [10]. Beberapa sifat optik yang menjadi bahan untuk analisis adalah warna absorpsi, ketembusan cahaya, relief, pleokroisme, bentuk kristal, bentuk mineral, belahan, sifat *birefringence*, sifat kembaran (*twinning*), sifat gelapan (*extinction*) dan *embayment* [10]. Alat yang digunakan dalam analisis adalah mikroskop polarisasi. Hasil yang didapatkan adalah bentuk mineral-mineral secara mikro yang menyusun batuan. Dengan analisis petrografi akan dapat ditentukan mineral utama penyusun batuan dan batuan yang sudah mengalami ubahan karena pelapukan (mineral sekunder). Pelapukan adalah proses perubahan yang terjadi pada batuan di bawah pengaruh langsung dari atmosfer dan hidrosfer [11]. Pelapukan dapat mengenai semua batuan baik itu batuan beku, sedimen, maupun *metamorf*. Masing-masing batuan menunjukkan ciri perubahan yang berbeda ketika terkena proses pelapukan dan terbagi menjadi tingkat-tingkat pelapukan [12]. Perubahan ini akan diikuti oleh perubahan mineralogi batuan [13].

Pelapukan dapat terjadi di suatu wilayah tropika, karena dipengaruhi oleh kondisi-kondisi lokal wilayah tropika, seperti pengaruh iklim (suhu dan penyinaran matahari). Iklim secara langsung atau tidak langsung berpengaruh terhadap proses pelapukan batuan [11]. Menurut Ritter [14] menyatakan bahwa penyebab hancurnya material lebih banyak dikontrol oleh pengaruh dari luar (eksternal) seperti pemuaihan akibat panas (*thermal expansion*) dan hilangnya beban (*unloading*). Secara umum dapat dijelaskan bahwa terjadinya pelapukan fisik disebabkan oleh adanya gaya luar yang bekerja pada batuan yang kemudian dapat merusak batuan, membentuk bidang-bidang rekahan, blok atau lembaran-lembaran dalam ukuran yang lebih kecil.

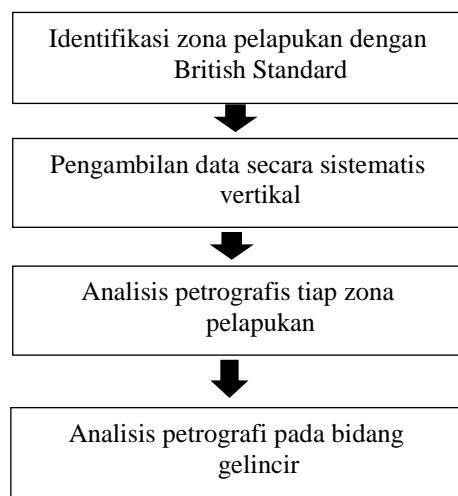
Lebih lanjut dijelaskan bahwa salah satu faktor internal tanah yang berpengaruh adalah pelapukan batuan, yang menyebabkan berkurangnya kestabilan tanah [5]. Faktor inilah yang menyebabkan terjadinya ketidakstabilan lereng karena perubahan mineralogi batuan [11]. Perubahan kestabilan tanah lebih lanjut akan menyebabkan terjadi longsor [15]. Penelitian mengenai hubungan antara kondisi mineralogi dan longsor terus menjadi bahan penelitian yang masih dikembangkan.

Tabel-1. Skala zona pelapukan berdasarkan *British Standard* BS EN ISO 14689-1 untuk material tidak seragam [16].

Zona	Dekripsi	Karakteristik
1	100% grades I-III	Berperilaku seperti batu, menerapkan prinsip mekanika batuan untuk penilaian dan desain massa
2	>90% grades I-III <10% grade IV-VI	Material yang lemah sepanjang discontinuitas kekuatan geser dan permeabilitas terpengaruh
3	50% to 90% grades I-III 10% to 50% grades IV-VI	Kerangka kerja batuan masih terkunci dan mengendalikan kekuatan dan kekakuan, permeabilitas kontrol matriks
4	30% to 50% grades I-III 50% to 70% grades IV-VI	Kerangka kerja batuan berkontribusi terhadap kekuatan, matriks atau pengendalian produk pelapukan, kekakuan dan permeabilitas
5	<30% grades I-III 70%-100% grades IV-VI	Tingkat yang lemah akan mengendalikan perilaku, batuan inti mungkin penting untuk investigasi dan konstruksi
6	100% grades IV-VI	Mungkin berperilaku seperti tanah meski cenderung bersisik kain mungkin masih penting

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian dapat dibagi menjadi 4 yaitu identifikasi zona pelapukan, pengambilan sampel dengan sistematis sampel sesuai zona pelapukan, kemudian pengujian petrografi dengan mikroskop polarisasi sesuai zona pelapukan, dan analisis petrografi pada bidang gelincir (Gambar-3).



Gambar-3. Sistematika penelitian.

Penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut. Pertama yang dilakukan adalah pengklasifikasian tingkat pelapukan dengan metode *British Standard* BS EN ISO 14689-1 untuk material tidak seragam pada Tabel-1 [16]. Pengklasifikasian ini untuk membagi zona-zona pelapukan. Walaupun perubahan pelapukan bergradasi dari batuan segar sampai *residual soil*, namun dengan pembagian mengenai zona pelapukan akan dapat

digeneralisasikan kondisi kimia, mineralogi dan fisika sesuai zona pelapukannya, termasuk pengkajian petrografis tiap tingkat pelapukan.

Kemudian langkah selanjutnya adalah mengambil sampel pada tingkat pelapukan yang terekspos di permukaan dengan metode sistematis data yaitu zona pelapukan 3, 4, 5 dan 6 (Gambar-4). Sampel dianalisis secara petrografis menggunakan mikroskop polarisasi. Mineral-mineral dapat diidentifikasi dari sifat-sifat optik mineral. Sifat optik mineral terdiri dari sifat optis mineral pada pengamatan nikol sejajar yang terdiri dari warna absorpsi, ketembusan cahaya, relief, pleokroisme, bentuk kristal, bentuk mineral, belahan. Kemudian sifat optis pada posisi nikol silang terdiri dari sifat *birefringence*, sifat kembaran (*twinning*), sifat gelapan (*extinction*) dan *embayment*. Persentase mineral dapat ditentukan dari persentase yang muncul dari total pengamatan dalam mikroskop. Mineral-mineral primer penyusun batuan akan berubah menjadi mineral sekunder. Perbandingan antara mineral utama yang masih utuh dengan mineral sekunder akan diketahui tingkat pelapukannya. Setelah diketahui perubahan mineralnya dapat diinterpretasikan hubungan perubahan dari zona pelapukan 3, 4, 5, dan 6. Perubahan ini akan mengidentifikasi bahwa perubahan mineralogi akan berpengaruh terhadap kejadian longsoran. Dari perubahan mineralisasi yang terjadi akan dapat diketahui bagaimana proses perubahan mineralogi pada pelapukan dan analisis potensi perubahan terhadap terbentuknya bidang gelincir. Dari pengamatan di lapangan bidang gelincir terjadi pada zona 4.



Gambar-4. Jalur longsoran dan tempat pengambilan sampel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada zona 3 didapatkan komposisi mineral menunjukkan kondisi fragmen pada breksi lapuk menengah menunjukkan batuan andesit teroksidasi (7%) terlapukan disusun oleh fenokris berupa plagioklas (20%) (H5), k-feldspar (5%) dan piroksen (10%) (C1) yang tertanam dalam massa dasar berupa mikrolit plagioklas (10%) (F8) dan massa gelas (25%) (I1), sayatan batuan ini berubah menjadi mineral opak (8%) (A8) dan mineral lempung (7%) (E4), klorit (5%) (I4) dijumpai rongga sebesar (3%), jenis batuan adalah andesit [10]. Identifikasi pelapukan masih sedikit dicirikan dengan kondisi mineral yang teroksidasi 7% dan mineral lempung yang terbentuk baru 7%, kemudian kondisi rongga masih 3% mencirikan struktur mineral utama belum mengalami banyak perubahan (Gambar-5). Kemudian kondisi matriks pada breksi lapuk menengah Gambar-6 menunjukkan kristal tuff berbutir halus-sedang, bentuk menyudut-membundar tanggung, berukuran 0,2–4,5 mm, pemilahan sedang, kemas terbuka, komposisi fragmen kristal/butiran (51%) terdiri dari felspar (15%), piroksen (5%), sisa fragmen batuan (25%) dan mineral opak (25%), matriks yang hadir berupa gelas. Semen yang hadir berupa semen mineral lempung dan oksida besi (5%) pada Gambar-7.

Berdasarkan sayatan pada analisis petrografis zona 4 menunjukkan kondisi fragmen menunjukkan breksi vulkanik teroksidasi (10%) disusun oleh butiran berupa fragmen batuan (15%) (G3), plagioklas (5%) (H1), k-feldspar (3%), dan piroksen (4%) (H8) yang tertanam dalam matriks berupa pecahan gelas vulkanik (15%) (F1) sayatan ini

terubah menjadi mineral opak (5%) (D7), mineral lempung (25%) (I1), klorit (3%) dijumpai rongga sebesar (15%).



(a)



(b)

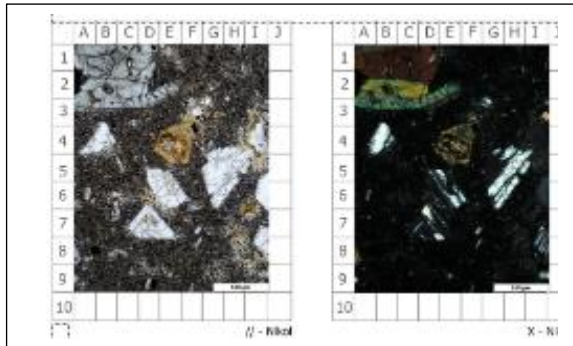


(c)



(d)

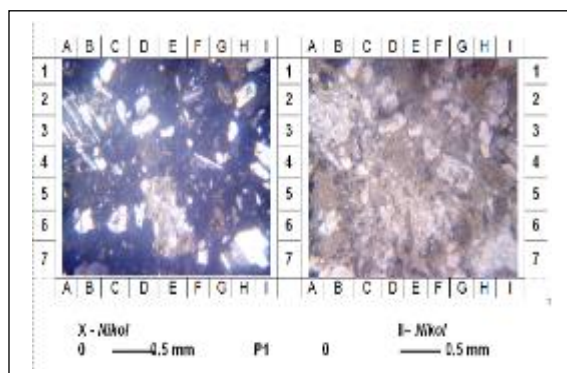
Gambar-5. Tingkat pelapukan breksi vulkanik secara megaskopis.



Gambar-6. Sayatan petrografis fragmen breksi zona 3.

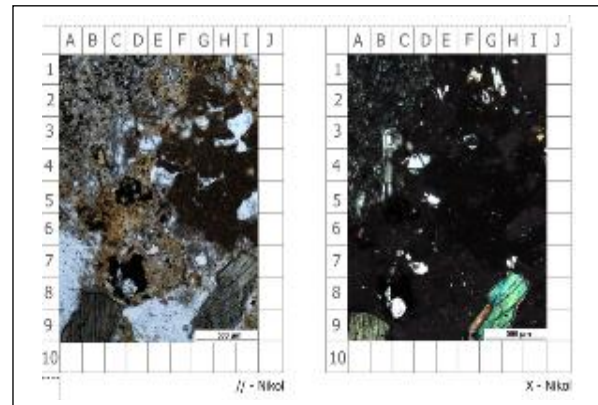
Ada peningkatan oksidasi menjadi 10 %, dan peningkatan kadar mineral lempung menjadi 25% mencirikan peningkatan tingkat pelapukannya serta kenaikan rongga menjadi 15 % mengidentifikasi struktur mineral utama sudah mulai mengalami perubahan (Gambar-8). Kemudian kondisi massa dasar pada breksi lapuk menengah menunjukkan sayatan batuan breksi vulkanik teroksidasi (10%) yang disusun oleh butiran k-feldspar (3%)(D5), fragmen (batuan (15%)(G4), plagioklas (5%)(A1), piroksen (7%)(B4) yang tertanam dalam matriks berupa pecahan gelas vulkanik (25%)(C6) sayatan ini berubah menjadi mineral opak (7%)(F1), mineral lempung (5%)(B2), kalsedon (3%), klorit (5%), dijumpai rongga (15%) seperti Gambar-9.

Kemudian berdasarkan analisis petrografi, didapatkan sayatan fragmen pada zona 5 menunjukkan sayatan breksi vulkanik teroksidasi (10%), plagioklas (15%)(H2), k-feldspar (5%)(F1), piroksen (8%)(C2), fragmen batuan (20%) (D2) tertanam dalam matriks mineral lempung (tanah) (30%)(A5), sayatan ini berubah menjadi mineral opak (5%)(B7), dijumpai rongga sebesar (7%) seperti Gambar-10.

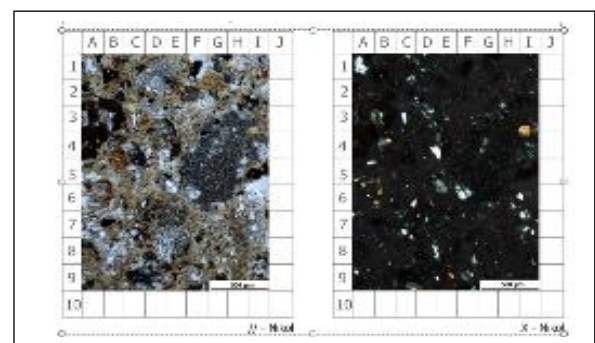


Gambar-7. Sayatan petrografis matrik di breksi lapuk zona 3.

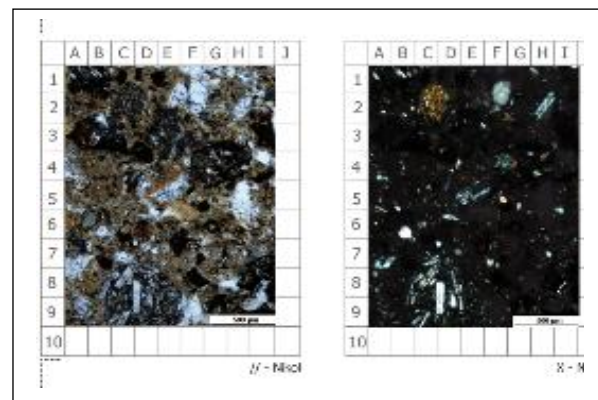
Massa dasar breksi lapuk sempurna menunjukkan sayatan breksi vulkanik teroksidasi (10%) disusun oleh butiran plagioklas (7%), hornblende (1%), piroksen (3%), fragmen batuan (30%) yang tertanam dalam matriks berupa pecahan gelas vulkanik (15%) sayatan ini berubah menjadi klorit (5%), mineral lempung (8%), Mineral opak (6%), dijumpai Rongga sebesar (15%) (Gambar 9).



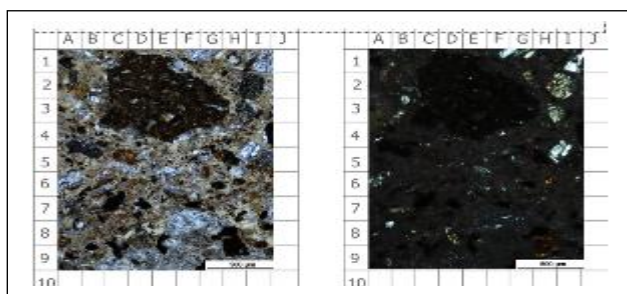
Gambar-8. Sayatan petrografis fragmen di breksi lapuk zona 4.



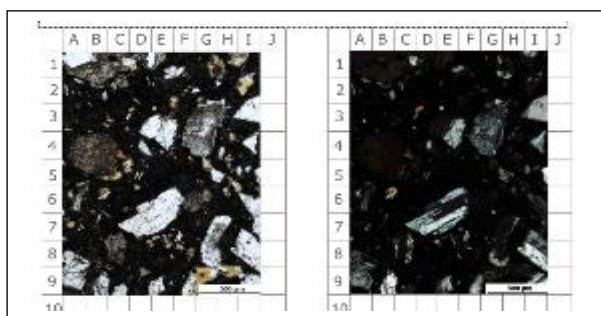
Gambar-9. Sayatan petrografis matriks di breksi lapuk zona 4.



Gambar-10. Sayatan petrografis fragmen di breksi lapuk zona



Gambar-11. Sayatan petrografis matriks di breksi lapuk zona 5.

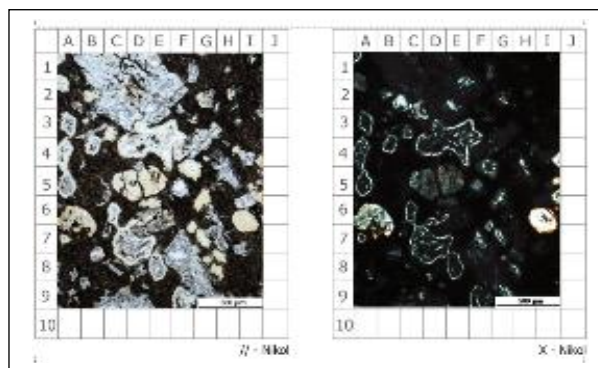


Gambar-12. Sayatan petrografis fragmen di breksi lapuk zona 6.

Berdasarkan analisis petrografi di zona 6 didapatkan Sayatan batuan andesit yang disusun oleh fenokris berupa piroksen (5%), plagioklas (20%), k-feldspar (5%) yang tertanam dalam massa dasar berupa massa gelas (52%), sayatan ini berubah menjadi mineral opak (5%), klorit (2%) dan mineral lempung (3%), dijumpai rongga (8%) (Gambar-12). Kemudian massa dasar breksi tanah residu menunjukkan breksi vulkanik teroksidasi (5%) dan terlapukkan sangat kuat disusun oleh butiran plagioklas (3%)(B2), piroksen (2%) yang tertanam dalam matriks berupa mineral lempung (tanah) (60%)(C4) (sayatan ini berubah menjadi kaolinit (5%)(A6), mineral opak (3%)(D2), kalsedon (7%)(D3) dijumpai rongga sebesar (15%) pada Gambar-13.

Bidang gelincir terdapat pada batas antara zona 3 dan 4, Berdasarkan pengamatan lapangan, karakteristik secara megaskopis adalah warna coklat dengan komposisi batu dengan tanah (F= 50% M= 30%) + tanah= 20% fragmen masih kelihatan dengan warna abu-abu kecoklatan, kondisi matrik sebagian besar sudah lapuk, tekstur breksi masih terlihat jelas menunjukkan litologi breksi, fragmen berukuran 5-10 cm kondisi agak lunak, dapat digores dengan palu. Terlihat proses oksidasi, hidrolisis, dan hidrasi sudah berjalan intens dengan adanya perubahan warna yang semakin coklat dan

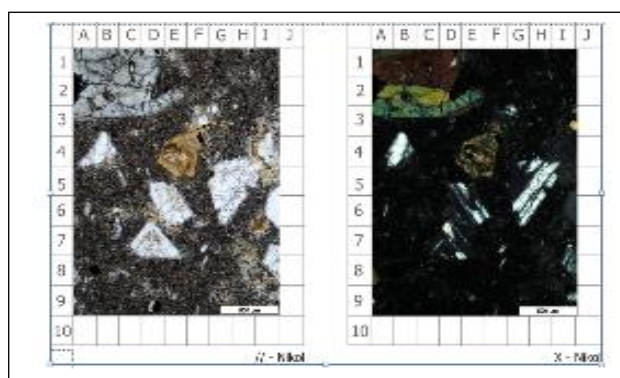
berkembangnya tanah sebagai hasil proses pelapukan, mikrostruktur masih dapat teramati dari butiran-butiran fragmen yang pecah-pecah, kemungkinan karena proses disintegrasi (Gambar 14).



Gambar-13. Sayatan petrografis matriks di breksi lapuk zona 6.



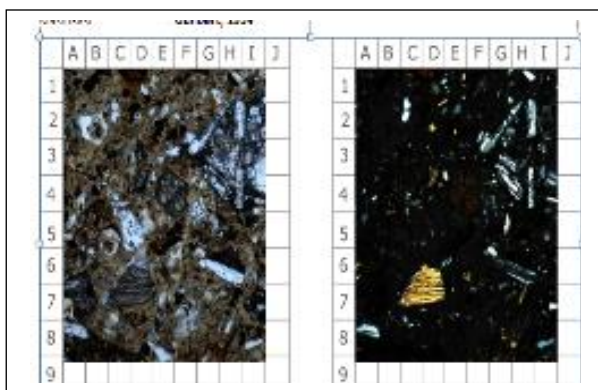
Gambar-14. Bidang gelincir longsor.



Gambar-15. Analisis petrografi fragmen pada batas zona 3 dan 4.

Berdasarkan analisis petrografi dari fragmen dan matriks yang terkandung di zona bidang gelincir, fragmen batuan di zona bidang gelincir adalah andesit teroksidasi (7%) terlapukkan disusun oleh

fenokris berupa plagioklas (20%), k-feldspar (5%) dan piroksen (10%) yang tertanam dalam massa dasar berupa mikrolit plagioklas (10%) dan massa gelas (25%), sayatan batuan ini berubah menjadi mineral opak (8%) dan mineral lempung (7%), klorit (5%) dijumpai rongga sebesar (3%) (Gambar-15).



Gambar-16. Analisis petrografi pada matrik batas zona 3 dan 4.

Kemudian komposisi matrik batuan di zona bidang gelincir adalah batuan breksi vulkanik berwarna coklat, disusun oleh butiran fragmen batuan (25%), plagioklas (10%), piroksen (5%), k-feldspar (3%), karbon (2%), oksida besi (10%) yang tertanam dalam matriks berupa gelas vulkanik (10%) dan material piroklastik (15%) berukuran tuf kasar, sayatan batuan ini berubah menjadi mineral lempung (7%), mineral opak (5%) dan klorit (3%), dijumpai rongga sebesar (5%) pada Gambar-16.

V. KESIMPULAN

Bidang gelincir di lapangan terdapat antara zona 3 dan zona 4 dimana berdasarkan hasil analisis petrografi di dapatkan perubahan komposisi mineral teroksidasi dari 7% menjadi 10%, mineral lempung dari 7% menjadi 1%, serta perubahan rongga dari 3% menjadi 15%. Peningkatan mineral teroksidasi mencirikan peningkatan intensitas pelapukan diikuti oleh terbentuknya mineral sekunder yaitu lempung. Kemudian kenaikan rongga dapat diidentifikasi sebagai dampak perubahan tekstur batuan karena perubahan kimia tersebut. Terbentuknya bidang gelincir pada batas zona ini dapat dijelaskan di zona ini proses perubahan mineral utama menjadi mineral lempung berjalan. Perubahan ini berdampak pada perubahan kestabilan tanahnya yang selanjutnya dapat memicu longsoran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Varnes DJ. *Slope Movement Type and Processes in Landslide Analysis and Control*, Transportation Research Board, National Academy of Science. 1978.
- [2] BNPB. *Data Informasi Bencana Indonesia*. 2012. <http://www.bnpb.go.id/website/asp/index.asp>, diunduh tanggal 20 Juli 2012
- [3] Permanajati I, Waluyo G, Suwardi, Setijadi R. *Longsoran Gunung Pawinihan, Desa Sijeruk, Kecamatan Banjarnangu, Banjarnegara*. Prosiding Lokakarya DAS Serayu Hulu, Unsoed. 2006: 1-4.
- [4] Cruden DM, Varnes DJ. *Landslide Type and Processes, Special Report*, Transportation Research Board, National Academy of Science. 1996; 247: 36-75.
- [5] Soedarmo GD, Purnomo SJ. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. 1997.
- [6] Condon WH, Pardyanto L, Ketner KB, Amin Gafoer S, Samodra H. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa*. Edisi ke-2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1996.
- [7] Widagdo A, Permanajati I, Waluyo G, Purwasatriya EB, Suwardi. *Struktur Geologi Daerah Longsor di Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah*. *Dinamika Rekayasa*. 2014; 10(2).
- [8] Calcaterra D Parise M. Weathering a Predisposing Factor to Slope Movements: an Introduction. *Engineering Geology Special Publications, Geological Society London*. 2010; 23: 1-4.
- [9] Dearman WR, Baynes FJ, Irfan TY. Engineering Grading of Weathered Granite, *Engineering Geology*. 1978; 12: 345-374.
- [10] Williams H, Turner FJ, Gilbert C. *Petrography*. San Fransisco: Freeman and Co. 1954.
- [11] Sadisun I, Shimada H, Matsui K. *Characterization of Weathered Claystone and Their Engineering Signification*, Indonesian Scientific Meeting, Fukuoka, Japan. 2000; 1-8.
- [12] Sadisun I, Subandrio AS, Nurjamil A, Setiadi P. *Weathering of some Selected Rock Type and their Stength Degradation Obtained from Schmidt Hammer*, Proceeding PIT IAGI, The 35th IAGI Annual Convention and Exhibition, Pekanbaru, Riau. 2006; 1-10.
- [13] Jworchan I. *Mineralogy and Chemical Properties of Residual Soils*. Engineering Geology, IAEG, The Geological Society of London. 2006; 21: 1-7.
- [14] Ritter DF, Kochel RC, Miller JR. *Process Geomorphology*. Edisi 4. New York: McGraw-Hill Companies Inc. 2000; 52-53.
- [15] Moghaddas NH, Ghafoori M. *The Role of Weathering in the Occurrence of Landslides in Central Alborz, Iran*, Engineering Geology, IAEG, The Geological Society of London. 2006; Paper No 813: 1-6.
- [16] Price JR, Velbel MA. Chemical Weathering Indices Applied to Weathering Profil Developed on Heterogeneous Felsic Metamorphic Parent Rock, Elseiver, Chemical Geology. 2003; 202: 397-416.